



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ARTES

DANILO AUGUSTO DE ALBUQUERQUE ROSSETTI

PROCESSOS MICROTEMPORAIS DE CRIAÇÃO SONORA, PERCEPÇÃO E
MODULAÇÃO DA FORMA: UMA ABORDAGEM ANALÍTICA E COMPOSICIONAL

*MICROTEMPORAL PROCESSES OF SOUND CONSTRUCTION, PERCEPTION
AND FORM MODULATION: AN ANALYTICAL AND COMPOSITIONAL APPROACH*

CAMPINAS

2016

DANILO AUGUSTO DE ALBUQUERQUE ROSSETTI

PROCESSOS MICROTEMPORAIS DE CRIAÇÃO SONORA, PERCEPÇÃO E
MODULAÇÃO DA FORMA: UMA ABORDAGEM ANALÍTICA E COMPOSICIONAL

*MICROTEMPORAL PROCESSES OF SOUND CONSTRUCTION, PERCEPTION
AND FORM MODULATION: AN ANALYTICAL AND COMPOSITIONAL APPROACH*

Tese apresentada ao Instituto de Artes da Universidade Estadual de
Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de Doutor em Música, na área de concentração Música: Teoria,
Criação e Prática.

*Thesis presented to the Institute of Arts of the University of Campinas
in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor in
Music, area of concentration Music: Theory, Creation and Practice.*

ORIENTADOR: SILVIO FERRAZ MELLO FILHO
COORIENTADOR: STÉPHAN OLIVIER SCHAUB

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida
pelo aluno Danilo Augusto de Albuquerque Rossetti,
e orientada pelo Prof. Dr. Silvio Ferraz Mello Filho

CAMPINAS

2016

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Artes
Silvia Regina Shiroma - CRB 8/8180

R735p Rossetti, Danilo, 1978-
Processos microtemporais de criação sonora, percepção e modulação da forma : uma abordagem analítica e composicional / Danilo Augusto de Albuquerque Rossetti. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Silvio Ferraz Mello Filho.
Coorientador: Stéphan Olivier Schaub.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Artes.

1. Composição musical por computador. 2. Música instrumental. 3. Eletroacústica. 4. Forma musical. 5. Música - Análise, apreciação. 6. Percepção musical. I. Ferraz, Silvio Ferraz Mello, 1959-. II. Schaub, Stéphan Olivier. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Microtemporal processes of sound construction, perception and form modulation : an analytical and compositional approach

Palavras-chave em inglês:

Computer composition

Instrumental music

Electro-acoustics

Musical form

Music appreciation

Musical perception

Área de concentração: Música: Teoria, Criação e Prática

Titulação: Doutor em Música

Banca examinadora:

Silvio Ferraz Mello Filho [Orientador]

José Henrique Padovani Velloso

Tatiana Olivieri Catanzaro

Rodrigo Cicchelli Velloso

Alexandre Roberto Lunsqui

Data de defesa: 16-12-2016

Programa de Pós-Graduação: Música


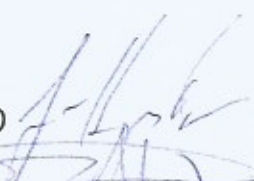

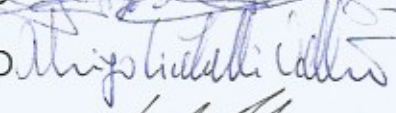
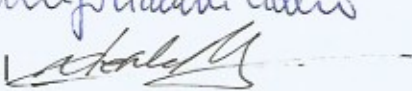
BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DOUTORADO

DANILO AUGUSTO DE ALBUQUERQUE ROSSETTI

ORIENTADOR(A): PROF. DR. SILVIO FERRAZ MELLO FILHO

CO-ORIENTADOR(A): PROF. DR. STÉPHAN OLIVIER SCHAUB

MEMBROS:

1. PROF. DR. SILVIO FERRAZ MELLO FILHO 
2. PROF(A). DR(A). JOSÉ HENRIQUE PADOVANI VELLOSO 
3. PROF(A). DR(A). TATIANA OLIVIERI CATANZARO 
4. PROF(A). DR(A). RODRIGO CICCHELLI VELLOSO 
5. PROF(A). DR(A). ALEXANDRE ROBERTO LUNSQUI 

Programa de Pós-Graduação em Música na área de concentração Música:
Teoria, Criação e Prática do Instituto de Artes da Universidade Estadual de
Campinas.

A ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros da banca
examinadora encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

DATA: 16.12.2016

*À Rita e ao Dante,
Neste longo caminho que percorremos
e não sabemos onde vai terminar.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu orientador, Silvio Ferraz, pela receptividade, conversas, abertura de horizontes e liberdade durante o trabalho. Agradeço também ao meu coorientador, Stéphan Schaub, pelas conversas e pelo suporte antes e durante a minha estada em Paris, no período do doutorado sanduíche.

Ao IA-UNICAMP, sede da minha pesquisa e a seus funcionários. À FAPESP, pelo apoio financeiro.

À Université Paris 8 que me recebeu para o estágio de doutorado entre outubro de 2014 e julho de 2015. À Anne Sèdes, supervisora do estágio de pesquisa, além dos professores José Manuel López López, Alain Bonardi e Makis Solomos.

À Heloisa Zani, pelas aulas de piano e apoio, e ao Alexandre Zamith, pela parceria e supervisão do meu Programa de Estágio Docente.

Aos professores que participaram de minha Defesa e de meu Exame de Qualificação: Tatiana Catanzaro, José Henrique Padovani, Rodrigo Cicchelli Veloso, Alexandre Lunsqui, Jônatas Manzolli, Tadeu Taffarello, Alexandre Zamith e Rogério Costa.

Aos colegas músicos Sarah Hornsby, Gabriel Rimoldi, José de Carvalho (também pela coautoria em um artigo), Pedro Bittencourt, Adrien Udo, Sophia Vaillant, Flavia Cavalcanti, Miroslav Georgiev, Pedro Brack e William Teixeira, por se dedicarem a tocar minhas composições.

Ao Ensemble L'itinéraire por ter tocado minha peça *Diatomées* em duas oportunidades. À Associação *Densité'93*, em nome de Denis Gautheyrie e Jean-Philippe Dequin, pela encomenda da composição *Le vide: trois réflexions sur le temps*. Também ao *Ensemble Vocal Soli Tutti* e ao *Ensemble de Musique Contemporaine du Conservatoire de Bobigny* por tê-la executado.

À Rita Franco pela revisão do texto desta tese.

Aos amigos Helen Gallo, Laiana Oliveira, Ivan Simurra, Rodolfo Valente, Said Bonduki, Gustavo Penha, Felipe Merker, Tiago Gati, Namur Matos, Adriano Monteiro, Bruno Ishisaki e João Svidzinski.

Aos meus pais Gisela e Ciro por estarem sempre presentes, cada um à sua maneira.

*“Cada compositor tem o seu
próprio mundo. Vejo cada um
dos grandes compositores tão
radical como consequente, no
seu próprio modo de pensar
[...] cada compositor é
completamente solitário [...] mas em democracia deve
respeitar-se também as
minorias, porque são elas que
avançam. As técnicas e
invenções da civilização
ocidental não foram feitas pela
maioria, mas por pessoas
individuais. Os compositores
têm que fazer o que têm a
fazer.”*

Helmut Lachenmann

*“Meu espírito me leva a cantar
as formas transmutadas em
novos corpos”*

Ovidio - *Metamorfoses*

RESUMO

Esta tese trata de processos de análise e criação sonora por meios tradicionais e através de ferramentas computacionais, a partir da interação entre análise/criação e percepção. Em sua primeira parte, tendo como base as noções de tecnomorfismo e síntese instrumental, apresentamos um estudo de alguns processos sonoros microtemporais que são classificados como ondulatórios ou granulares, através de uma abordagem complementar entre estes dois modelos. Sobre a percepção e a modulação das morfologias sonoras produzidas a partir destes processos, apresentamos uma análise tendo como ferramentas teóricas o princípio da individuação e o método alagmático de Gilbert Simondon, a autopoiese de Humberto Maturana e Francisco Varela, a enação de Varela, além das saliências, pregnâncias e a teoria das catástrofes de René Thom. No que tange às suas diferentes escalas temporais, estas morfologias podem apresentar características isomórficas, de acordo com as proposições de Stockhausen, Koenig e Grisey, ou heteromórficas, tal como propõe Vaggione. Dentro deste panorama estudamos e analisamos o fenômeno da fusão de diferentes timbres numa única estrutura perceptiva pelos vieses psicoacústico (por *jitter*) e composicional, através de conceitos propostos por Ligeti e Grisey. Na segunda parte deste trabalho analisamos obras musicais instrumentais e eletroacústicas (acusmáticas e mistas) de Schoenberg, Ligeti, Murail, Xenakis, López-López e Vaggione, as quais apresentam importantes contribuições (a partir de diferentes métodos) sobre a fusão de timbres. Por fim, descrevemos e analisamos etapas do processo criativo de cinco composições realizadas ao longo desta pesquisa, obras estas para instrumentos solistas e para diferentes formações instrumentais e vocais, com quatro delas possuindo tratamentos eletrônicos em tempo real.

PALAVRAS CHAVE

Composição musical por computador, música instrumental e eletroacústica, forma musical, música - análise/apreciação, música - percepção

ABSTRACT

This thesis addresses analysis and composition processes by traditional means and by computing environments, from an interaction between analysis/composition and perception. In the first part, based on the concepts of technomorphism and instrumental synthesis, we present a study of a few microtemporal sound processes. These processes are classified into undulatory and granular paradigms, upon which we propose a complementary approach. Regarding to sound morphology perception and modulation, we present an analysis having as theoretical basis the principle of individuation and the allagmatic method of Gilbert Simondon, the autopoiesis of Humberto Maturana and Francisco Varela, the enaction of Varela, besides the *saillances*, *prégnances* and the catastrophe theory of René Thom. With respect to the different temporal scales, these morphologies can have isomorphic features, in agreement with the propositions of Stockhausen, Koenig and Grisey, or heteromorphic features, as proposes Vaggione. In keeping with this approach, we study and analyze the fusion of different timbres into a single perceptual structure, by psychoacoustic (*jitter*) and compositional (by Ligeti and Grisey's concepts) means. In the second part of this work, we analyze instrumental and electroacoustic musical works by Schoenberg, Ligeti, Murail, Xenakis, López-López, and Vaggionne, all of them providing important contributions for timbre fusion phenomenon. Lastly, we describe and analyze our creative process in five musical works, which had been composed during this research. Among these works, there are solo pieces and pieces for different instrumental and vocal ensembles, four of them with live electronic treatments.

KEYWORDS

Computer-aided composition, Instrumental and electroacoustic music, Musical form,
Music - analysis/appreciation, Music - perception

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fig. 1: Representação de um sinal a partir de unidades de quanta acústico (GABOR, 1946, p. 435).	45
Fig. 2: Três representações de uma modulação de frequência de um sinal sonoro (<i>Op. Cit.</i> , p. 438).	45
Fig. 3: Esquema do procedimento de modulação em anel utilizado por Grisey em <i>Partiels</i> (WILSON, 1989, p. 64).	50
Fig. 4: Espectro proveniente da análise do Mi (41Hz) executado por um trombone (GRISEY, <i>Op. Cit.</i> , p. 93).	53
Fig. 5: Graus de mudança em <i>Partiels</i> - evolução de timbres, cifras 1 a 11, baseado em (GRISEY, <i>Op. Cit.</i> , p. 92).	53
Fig. 6: Página 17 da partitura de <i>Partiels</i> (1975), referente à orquestração das cifras 8 e 9 (<i>Op. Cit.</i> , p. 93).	54
Fig. 7: Decomposição de um som musical em relação a seus parciais e diferenças de fase (HELMHOLTZ, 1954 [1875], p. 120).	57
Fig. 8: Resposta a um conjunto de ressonadores afinados a um impulso periódico (SCHOUTEN, 1940a, p. 995).	59
Fig. 9: Acorde de “Tristão”. <i>Prelúdio de Tristão e Isolda</i> , c. 1 a 9 (WAGNER, 1994 [1860], p. 5).	62
Fig. 10: Acordes-timbre no <i>Prelúdio para piano</i> n. 2 Livro I de Debussy (DEBUSSY, 1910, p. 4).	63
Fig. 11: Esquema gráfico de síntese aditiva a partir de sons senoidais (MOORER, <i>Op. Cit.</i> , p. 1112).	65
Fig. 12: Espectro variante no tempo de um som de trompete (ROADS, 1996, p. 141).	65
Fig. 13: Partitura de <i>Studie II</i> (STOCKHAUSEN, 1956, p. 12).	66
Fig. 14: Processo de modulação de amplitude de <i>a</i> por <i>b</i> (ROADS, <i>Op. Cit.</i> , p. 222).	67
Fig. 15: Diagrama em bloco, sistema de modulação em anel (BODE, 1967, p. 13).	68
Fig. 16: Partitura de <i>Mixtur</i> (1964), <i>Translation</i> , com correções de Stockhausen (TAMAIIO, 2013, p. 7).	70
Fig. 17: Modulação de frequência: Aumento do número de parciais a partir do aumento do índice de modulação (CHOWNING, 1973, p. 529).	73
Fig. 18: Circuito FM para produzir um espectro dinâmico (<i>Op. Cit.</i> , p. 531).	74
Fig. 19: Sonograma de <i>Stria</i> (1977), de 0 a 250”. Representação da evolução temporal do espectro de frequências de sons gerados por síntese FM.	75
Fig. 20: Transformações contínuas em <i>Pithoprakta</i> (tempo X frequência) (<i>Op. Cit.</i> , p. 31).	80
Fig. 21: Área audível ocupada por grãos em um instante (Frequência X Intensidade) (<i>Op. Cit.</i> , p. 67).	81
Fig. 22: Agrupamento de tramas: desenvolvimento temporal de um som complexo (<i>Op. Cit.</i> , p. 69).	82
Fig. 23: Sonograma de <i>Concret PH</i> (1958).	83
Fig. 24: Sonograma de <i>Diamorphoses</i> (1957).	84
Fig. 25: Gerador de grãos, da forma mais simples possível (ROADS, <i>Op. Cit.</i> , p. 91).	88
Fig. 26: Sonograma de <i>Riverrun</i> (1986).	91
Fig. 27: Trecho em <i>CMusic</i> do código de <i>Tar</i> (1987), de Vaggione (VAGGIONE, 2010, p. 64).	92
Fig. 28: Sonograma de <i>Nodal</i> (1997), de Vaggione.	93
Fig. 29: Fonte sonora mono e processo de descorrelação microtemporal, em quatro canais.	97
Fig. 30: Processo de descorelação microtemporal realizado em Max com objetos da biblioteca HOA.	98
Fig. 31: Morfologias ou sistemas contínuos e descontínuos (THOM, 1976, In: THOM, 1990, pp. 400 - 401).	127
Fig. 32: O esquema da caixa negra e a saída como uma nuvem de pontos (THOM, 1985, p. 87).	129
Fig. 33: Forma estatística em <i>Jeux</i> de Debussy (EIMERT, 1959, p. 18).	135
Fig. 34: Esquema gráfico de Ligeti da <i>Pièce électronique n° 3</i> (LIGETI, 1980, In: LIGETI, 2010, p. 178).	137
Fig. 35: Superposição e equivalência de diferentes pulsações rítmicas.	140
Fig. 36: Sonograma de <i>Le temps et l'écume</i> de Gérard Grisey.	141
Fig. 37: Ritmo biomórfico de <i>Périodes</i> (GRISEY, 1974, p. 4).	146
Fig. 38: Sonograma segmentado nos processos de <i>Périodes</i> .	147
Fig. 39: Cifra 13 da partitura de <i>Périodes</i> (GRISEY, 1974, pp. 29 - 30).	149
Fig. 40: Formas de onda de <i>jitter</i> extraídas da flauta, clarinete e trombone (MCADAMS, 1984, pp. 227 - 229).	151
Fig. 41: Partitura gráfica de <i>Artikulation</i> (LIGETI, 1970, pp. 10 - 11).	156

Fig. 42: Sonograma de <i>Artikulation</i> , entre 172 e 201s.	156
Fig. 43: Sonograma primeiros quatro minutos de <i>Melodien</i> , presença do timbre de movimento.....	160
Fig. 44: Partitura do trecho inicial de <i>Melodien</i> (LIGETI, 1973, p. 3)	160
Fig. 45: Espectros de <i>Modulations</i> , cifras 31 a 44 (GRISEY, 1991, In: GRISEY, 2008, p. 111).....	163
Fig. 46: Sonograma de <i>Modulations</i> (1976 - 77), de 9'20" a 12'40", cifras 31 a 44 da partitura (GRISEY, 1978).....	164
Fig. 47: Sobreposição de sons descontínuos: granulação instrumental.....	166
Fig. 48: Sobreposição de sons contínuos e descontínuos	166
Fig. 49: Sobreposição de sons ruidosos e sons descontínuos	166
Fig. 50: Sobreposição de sons ruidosos	167
Fig. 51: Sobreposição de sons contínuos modulados por vibrato	167
Fig. 52: Representação da forma de onda de uma caixa	172
Fig. 53: Quatro tempos de <i>delay</i> diferentes (10, 50, 70 e 90ms) aplicados ao som de uma caixa	173
Fig. 54: Quatro exemplos de descorrelação microtemporal, em sete pistas	175
Fig. 55: <i>Olhar azul</i> (Schoenberg, 1910).....	183
Fig. 56: <i>Olhar</i> (Schoenberg, 1910).....	183
Fig. 57: Acorde inicial de <i>Farben</i> , a cinco vozes	184
Fig. 58: Transposições do acorde inicial de <i>Farben</i>	184
Fig. 59: Descritor NNLS Chroma (<i>Sonic Visualiser</i>), trecho entre 1" e 23" de <i>Farben</i>	186
Fig. 60: Descritor NNLS Chroma (<i>Sonic Visualiser</i>), trecho entre 2'48" e 3'11" de <i>Farben</i>	186
Fig. 61: Descritor NNLS Chroma (<i>Sonic Visualiser</i>), trecho entre 4'33" e 4'50" de <i>Farben</i>	187
Fig. 62: Descritores centroide, loudness, spectral sharpness e inharmonicity	188
Fig. 63: Série de nove notas criada por Ligeti.....	196
Fig. 64: <i>Harmonia da Peça 9, em relação aos agregados verticais e à condução das vozes</i>	196
Fig. 65: Sonograma da <i>Peça 9</i> e índice de rugosidade (evolução temporal da quantidade de batimentos).....	200
Fig. 66: Compasso 10 da <i>Peça 9</i> de Ligeti.....	203
Fig. 67: <i>Patch</i> de síntese aditiva de sons senoidais em <i>PureData</i> e os respectivos sons diferenciais	203
Fig. 68: Treze intervalos geradores dos processos de modulação em <i>anel</i> (MURAIL, <i>Op. Cit.</i> , p. 166)	206
Fig. 69: Exemplos de modulação em <i>anel</i> das três primeiras cores da obra (MURAIL, 1989, p. 167)	207
Fig. 70: Valores obtidos por algoritmos do processo de composição de <i>Treize couleurs</i> (MURAIL, p. 167)	208
Fig. 71: Partitura e sonograma da transição entre os momentos 6 e 7 de <i>Treize couleurs</i>	210
Fig. 72: Partitura e sonograma da transição entre os momentos 12 e 13 de <i>Treize couleurs</i>	211
Fig. 73: Partitura de <i>Pithoprakta</i> , p. 17 (XENAKIS, 1967), sonoridade granular	215
Fig. 74: Transformação contínua: da sonoridade granular (descontínua) à organização rítmica e harmônica	216
Fig. 75: Transformação contínua: sobreposição de <i>glissandi</i> e sua rarefação	218
Fig. 76: <i>Pithoprakta</i> , p. 36. (XENAKIS, 1967): notas sustentadas e <i>glissandi</i> velozes.....	219
Fig. 77: Granulação das cordas através de um plectro percutido atrás do cavalete com defasagem rítmica.....	224
Fig. 78: Granulação do piano. Abafamento das cordas na região aguda por um objeto emborrachado	225
Fig. 79: Fusão instrumental: processos instrumentais granulares e ondulatórios no <i>Concerto</i>	228
Fig. 80: Primeiras seis etapas da formação do conjunto de Cantor (fonte Wikipedia).....	230
Fig. 81: Sonograma de <i>Schall</i> (0 a 110s). Configurações de ataques granulares e ressonâncias	231
Fig. 82: Sonograma aumentado do momento 5 de <i>Schall</i> (vide Fig. 81).....	233
Fig. 83: Sonograma de <i>Schall</i> (2'56 a 3'48"): textura granular com repetição iterada dos grãos	234
Fig. 84: Sonograma de <i>Schall</i> (entre 5'58" e 6'52"): poeira de sons entre os parciais.....	235
Fig. 85: <i>Till</i> , compasso 16.....	238
Fig. 86: <i>Till</i> , compasso 26	238
Fig. 87: <i>Till</i> , compasso 37	238
Fig. 88: Representação gráfica temporal de <i>Till</i> , dos compassos 1 a 68	241
Fig. 89: Partitura de <i>Till</i> , págs. 1 e 5: comparação da escrita do piano (VAGGIONE, 1991)	242
Fig. 90: Sonograma de <i>Till</i> entre 0 e 1'52" (compassos 1 a 68)	243
Fig. 91: Sonograma de <i>Till</i> , entre 7'18" e 12'44"	245

Fig. 92: Partitura de <i>Till</i> , páginas 29 e 30 (VAGGIONE, 1991).....	247
Fig. 93: Acordes-timbre em <i>Poussières cosmiques</i> versão 2.....	260
Fig. 94: Fusão de timbres em <i>Magma</i> (p. 4, 2º sistema) entre 1'38" e 2'11".....	261
Fig. 95: Síntese aditiva em seu viés instrumental. <i>Le vide</i> , c. 81 e 82 (5'30" a 5'38"). Sonograma com distribuição frequencial logarítmica.....	264
Fig. 96: Permeabilidade entre estruturas instrumental e eletroacústica calcadas no modelo ondulatório em <i>Magma</i> (c. 58 a 64, 7'12" a 7'40").....	267
Fig. 97: Trecho instrumental de <i>Magma</i> gravado, tratado eletronicamente e difundido a partir do c. 59.....	269
Fig. 98: Multifônico em <i>Oceanos</i> e modulação em anel, sonograma e partitura (2'09" a 2'25", p. 4).....	270
Fig. 99: Evolução temporal da frequência modulante e do fator de difusão na parte 3 de <i>Poussières cosmiques</i>	275
Fig. 100: Evolução do tempo de <i>delay</i> e <i>feedback</i> na parte 3 de <i>Poussières cosmiques</i>	275
Fig. 101: Sonograma de <i>Poussières cosmiques</i> (c. 49 a 72, Ca. 3'10" a 4'11").....	276
Fig. 102: Partitura de <i>Poussières cosmiques</i> versão 2, compassos 8 a 10.....	277
Fig. 103: Partitura de <i>Poussières cosmiques</i> versão 2, compassos 26 a 28.....	277
Fig. 104: Evolução do tempo de <i>delay</i> , <i>feedback</i> e fator de difusão na parte 2 de <i>Poussières cosmiques</i>	281
Fig. 105: Sonograma parte 2 de <i>Poussières cosmiques</i> , compassos 7 e 19 (registro agudo).....	282
Fig. 106: Sonograma da parte 2 de <i>Poussières cosmiques</i> , compassos 20 a 32 (registro grave).....	283
Fig. 107: Partitura da parte 7 de <i>Poussières cosmiques</i> , compassos 78 a 85.....	283
Fig. 108: Evolução do tempo de <i>delay</i> , tamanho de grão, <i>feedback</i> e rarefação (c. 78 a 85) em <i>Poussières cosmiques</i>	285
Fig. 109: Sonograma da parte 7 de <i>Poussières cosmiques</i> , compassos 78 a 85.....	286
Fig. 110: Trecho de <i>Oceanos</i> com figurações rápidas do saxofone alto ascendentes e descendentes.....	287
Fig. 111: Sonograma de <i>Oceanos</i> (4'36" a 5').....	287
Fig. 112: Partitura de <i>Oceanos</i> , p. 7.....	290
Fig. 113: Evolução das variáveis tamanho do grão, tempo de <i>delay</i> e taxa de rarefação (<i>Oceanos</i> , p. 7).....	292
Fig. 114: Sonograma de <i>Oceanos</i> , entre 8'38" e 10'19".....	293
Fig. 115: Geração das alturas a partir da síntese instrumental FM em <i>Poussières cosmiques</i>	294
Fig. 116: Relações entre frequências e tempos métricos.....	296
Fig. 117: Geração das alturas a partir do processo de síntese instrumental FM em <i>Diatomées</i>	297
Fig. 118: Geração de alturas a partir do processo de síntese instrumental FM em <i>Le vide</i>	299
Fig. 119: Novos timbres obtidos em <i>Diatomées</i> via distorções inarmônicas do espectro original.....	301
Fig. 120: Interpolação de timbres entre os índices 1,25 e 1,41 do processo de síntese instrumental FM.....	302
Fig. 121: Novos espectros obtidos em <i>Le Vide</i> , via distorções inarmônicas do espectro original.....	304
Fig. 122: <i>Le vide</i> , compassos 49 a 53, alturas utilizadas referentes ao espectro multiplicado por 1,44.....	305
Fig. 123: Fusão de timbres em <i>Diatomées</i> , complementaridade dos modelos (Ca. 4'39" a 5'01"), c. 75 a 80.....	307
Fig. 124: Partitura de <i>Le vide</i> , compassos 54 a 57.....	309
Fig. 125: Sonograma de <i>Le vide</i> (c. 54 a 57). Fusão de timbres instrumentais e vocais por <i>jitter</i>	311
Fig. 126: Partitura de <i>Le vide</i> , letra D, compassos 68 a 73.....	312
Fig. 127: Sonograma de <i>Le vide</i> (c 68 a 73), permeabilidade e complementaridade morfológica.....	314
Fig. 128: Partitura e sonograma de <i>Le vide</i> , letra de ensaio E, compassos 84 a 92.....	318
Fig. 129: Três <i>subpatches</i> de <i>Magma</i>	438
Fig. 130: <i>Patch</i> de <i>Magma</i> em diagrama de blocos.....	439
Fig. 131: <i>Storage window</i> do objeto <i>patrrstorage</i> no <i>patch</i> de <i>Magma</i>	441
Fig. 132: Forma de armazenamento dos <i>presets</i> em linguagem xml.....	441
Fig. 133: <i>Subpatches p pitchshit</i> e <i>p niveauinstrument</i> do <i>patch</i> de <i>Oceanos</i>	443
Fig. 134: <i>Subpatches</i> com seus blocos de tratamentos do <i>patch</i> de <i>Oceanos</i>	444
Fig. 135: Diagrama de blocos do <i>patch</i> de <i>Oceanos</i>	445
Fig. 136: <i>Storage window</i> do objeto <i>patrrstorage</i> do <i>patch</i> de <i>Oceanos</i>	446
Fig. 137: Quatro <i>subpatches</i> do <i>patch</i> de <i>Poussières cosmiques</i>	448
Fig. 138: Diagrama de blocos do <i>patch</i> de <i>Poussières cosmiques</i>	449
Fig. 139: <i>Subpatch ChangePreset</i> , <i>patrrstorage helper</i> e interpolação de <i>presets</i>	449

Fig. 140: <i>Storage window</i> do objeto <i>pattrstorage</i> do <i>patch</i> de <i>Poussières cosmiques</i>	450
Fig. 141: Diagrama de blocos do <i>patch</i> de <i>Diatomées</i>	453
Fig. 142: <i>Storage window</i> do objeto <i>pattrstorage</i> do <i>patch</i> de <i>Diatomées</i>	454
Fig. 143: <i>Patch phase vocoder</i> e <i>subpatch pfft~ mypvoc~</i> do Max	456
Fig. 144: <i>Patch bufconvolve</i> pertencente à biblioteca <i>HISS</i>	458
Fig. 145: Diagrama de blocos do <i>patch</i> de <i>Desdobramentos do contínuo</i>	460
Fig. 146: <i>Subpatches p granulador</i> e <i>p pitchshift</i> de <i>Desdobramentos do contínuo</i>	461
Fig. 147: Arquitetura do <i>patch descorrelação microtemporal</i>	463
Fig. 148: Formas de onda decorrentes do processo de descorrelação microtemporal	464
Fig. 149: Módulo de reprodução das amostras instrumentais (contrabaixo).....	465
Fig. 150: <i>Subpatch p contrabaixo</i>	466
Fig. 151: Disparo das amostras instrumentais e gravação pelo teclado.....	468
Fig. 152: Síntese aditiva e sons diferenciais simuladores <i>Peça 9</i> de Ligeti	469
Fig. 153: Produção de batimentos a partir de três frequências iniciais	471

LISTA DE TABELAS

Tab 1: Momentos, grupos de momentos e suas durações em <i>Kontakte</i>	143
Tab 2: Exemplos de estrutura, forma, estado e processo em <i>Kontakte</i> (STOCKHAUSEN, 1963, p. 112 - 115)	143
Tab 3: Escala cromática de cores em analogia à escala cromática de sons (HELMHOLTZ, 1924 [1911] p. 77)	182
Tab 4: Relação de intervalos formados pela sobreposição e movimento das vozes na <i>Peça 9</i> de Ligeti	196
Tab 5: Duração em compassos das notas da série tocadas pelos 3 instrumentos (valores absolutos) na <i>Peça 9</i>	198
Tab 6: Frequências dos treze intervalos, instrumentação e resultado da modulação em anel em <i>Treize couleurs</i>	208
Tab 7: Segmentação forma de <i>Pithoprakta</i> a partir da análise das transformações contínuas implementadas	220
Tab 8: Distribuição frequencial dos timbres 3 e 4 em <i>Schall</i> (vide Fig. 81).....	232
Tab 9: Frequências relacionadas aos grãos de <i>Schall</i> , entre 2'56" e 3'48"	235
Tab 10: Parciais presentes no agregado sonoro entre os compassos 82 e 83 de <i>Le vide</i> (5'30" a 5'38")	265
Tab 11: Valores numéricos das variáveis musicais de <i>Poussières cosmiques</i> (compassos 49 e 72).....	272
Tab 12: Valores numéricos das variáveis musicais de <i>Poussières cosmiques</i> (compassos 8 a 32).....	279
Tab 13: Valores numéricos das variáveis da granulação em <i>Poussières cosmiques</i> (c. 78 a 85)	284
Tab 14: Valores numéricos das variáveis da granulação em <i>Oceanos</i> , p. 7 da partitura	291
Tab 15: Andamentos, pulsações e tempo cronométrico das interpolações em <i>Diatomées</i>	454
Tab 16: Valores do tamanho do grão, taxa de rarefação e nível de volume da granulação	458
Tab 17: Valores das variáveis da granulação e transposição em <i>Desdobramentos do contínuo</i>	462

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO: Relações entre as músicas instrumental e eletroacústica, epistemologias e operações: do micro ao macrotempo	18
PRIMEIRA PARTE: PROCESSOS MICROTEMPORAIS E MORFOLOGIAS SONORAS	33
Capítulo I: A composição do som no domínio microtemporal: os paradigmas ondulatório e granular	34
1.1 Mecânica quântica, princípio da incerteza e sua analogia em relação ao som	38
1.2 Tecnomorfismo e síntese instrumental	48
1.3 O paradigma ondulatório	55
1.3.1 Timbre, harmonia e orquestração.....	61
1.3.2 Síntese aditiva	64
1.3.3 Modulação de amplitude (AM) e modulação em anel	67
1.3.4 Modulação de frequência (FM).....	71
1.4 O paradigma granular	75
1.4.1 Música estocástica: som como uma integração de grãos	77
1.4.2 Síntese granular	84
1.4.3 Micromontagem	91
1.4.4 Descorrelação microtemporal	93
Capítulo II: Morfologias resultantes de processos microtemporais e suas qualidades perceptivas	99
2.1 Simondon: Percepção, informação e modulação.....	100
2.1.1 Revisão da Teoria da Forma	102
2.1.2 Percepção espaço-temporal.....	105
2.1.3 Percepção, modulação e amplificação da informação	109
2.2 Maturana e Varela: A forma como uma emergência	111
2.2.1 Organização do interior ao exterior	111
2.2.2 O fazer emergir	113
2.2.3 O entre-deux	115
2.3 Morfogênese: A forma como descontinuidade qualitativa	119
2.3.1 Bergson e Bachelard: A continuidade ou a descontinuidade do tempo	119
2.3.2 Processos irreversíveis orientados temporalmente	122
2.3.3 Thom: Saliências, pregnâncias e teoria das catástrofes.....	123
2.3.4 O Princípio da Individuação e o método alagmático de Simondon	129
2.4 Isomorfismo entre diferentes escalas temporais	133
2.5 Forma momento e graus de mudança	142
2.6 Fusão e fissão de timbres	149
2.6.1 <i>Jitter</i>	150
2.6.2 Permeabilidade e timbre de movimento.....	153
2.6.3 Grau de previsibilidade ou pré-audibilidade.....	161
2.6.4 Estudo sobre fusão e fissão de timbres.....	165
2.7 Heteromorfismo entre diferentes escalas temporais.....	170
SEGUNDA PARTE: ANÁLISES E COMPOSIÇÕES MUSICAIS.....	177
Capítulo III: Aplicação dos processos microtemporais e morfologias estudados em análises musicais.....	178
3.2 Timbre, harmonia e orquestração: <i>Farben</i> Op. 16 nº 3 de Schoenberg.....	179
3.1.1 A ideia de Klangfarbenmelodie	181
3.1.2 Análise da partitura	183

3.1.3 Percepção da qualidade tonal	185
3.1.4 Avaliação da percepção do timbre	188
3.1.5 Resultados obtidos através dos diferentes processos de análise	190
3.2 Síntese aditiva: Nona das Dez peças para quinteto de sopros de Ligeti	193
3.2.1 Aspectos seriais, temporais e influência de Webern.....	195
3.2.2 Percepção do timbre	198
3.2.3. Relação entre procedimentos composicionais eletrônicos e instrumentais	201
3.3 Modulação em anel: Treize couleurs du soleil couchant de Murail	204
3.3.1 <i>Processus</i>	204
3.3.2 Síntese instrumental e processos composicionais.....	206
3.3.3 Isomorfismo entre alturas e durações	209
3.4 O som como uma integração de grãos: Pithoprakta de Xenakis.....	212
3.4.1 Tratamento do material através de uma abordagem granular	212
3.4.2 Transformações contínuas	213
3.4.3 Segmentação formal a partir das transformações implementadas	220
3.5 Síntese granular: Concerto para piano e orquestra de J.M. López López	221
3.5.1 A síntese instrumental em J. M. López López	221
3.5.2 Granulação instrumental.....	223
3.5.3 Fusão de timbres por complementaridade de modelos sonoros	226
3.6 Micromontagem: Schall e Till de Horacio Vaggione	229
3.6.1 Granulação por rarefação da massa espectral	231
3.6.2 Articulação entre diferentes escalas temporais.....	236
3.6.3 Considerações sobre as obras acusmáticas e mistas de Vaggione	247
3.7 Considerações sobre a fusão de timbres nos processos apresentados	250
Capítulo IV: Experimentações e resultados composicionais: Aplicação dos	
processos técnico-conceituais estudados em composições próprias	257
4.1 Timbre, harmonia e orquestração	259
4.1.1 <i>Poussières cosmiques</i> versão 2, parte 3	259
4.1.2 <i>Magma</i>	261
4.2 Síntese aditiva	263
4.2.1 <i>Le vide</i>	263
4.2.2 <i>Magma</i>	266
4.3 Modulação em anel	269
4.3.1 Multifônicos em <i>Oceanos</i>	269
4.3.2 <i>Poussières cosmiques</i> versão 2, parte 3	271
4.4 Síntese granular.....	276
4.4.1 <i>Poussières cosmiques</i> versão 2, parte 2	276
4.4.2 <i>Poussières cosmiques</i> versão 2, parte 7	283
4.4.3 <i>Oceanos</i> : relação entre figura e fundo.....	286
4.4.4 <i>Oceanos</i> , parte final	289
4.5 Síntese instrumental por FM e isomorfismo entre alturas e durações.....	293
4.5.1 <i>Poussières cosmiques</i>	294
4.5.2 Isomorfismo entre frequência e tempo	294
4.5.3 <i>Diatomées</i>	296
4.5.4 <i>Le vide</i>	298
4.6 Interpolação de timbres via graus de mudança	300
4.6.1 <i>Diatomées</i>	300
4.6.2 <i>Le vide</i>	302
4.7 Fusão de timbres instrumentais ou instrumentais e eletroacústicos.....	305
4.7.1 <i>Diatomées</i> : complementariedade de modelos	306
4.7.2 <i>Le vide</i> : fusão por jitter.....	308
4.7.3 <i>Le vide</i> : complementariedade de modelos e noção de permeabilidade.....	311
4.7.4 <i>Le vide</i> : maior densidade espectral, timbre de movimento	315

Considerações finais.....	319
Referências bibliográficas.....	328
Partituras	343
<i>Magma</i> para flautas em Dó e Sol e eletrônica em tempo real (2013).....	344
<i>Oceanos</i> para saxofone alto e eletrônica em tempo real (2014).....	354
<i>Poussières cosmiques</i> versão 1 para piano e eletrônica em tempo real (2014 - 15)	362
<i>Poussières cosmiques</i> versão 2 para piano e eletrônica em tempo real (2015)	371
<i>Diatomées</i> para conjunto instrumental e eletrônica em tempo real (2015)	386
<i>Le vide: trois réflexions sur le temps</i> para conjunto instrumental e quatro vozes solistas (2015)	399
<i>Desdobramentos do contínuo</i> para violoncelo e eletrônica em tempo real (2016)	429
Apêndice I: Patches	437
1. <i>Magma</i>	437
2. <i>Oceanos</i>	441
3. <i>Poussières cosmiques</i>	446
4. <i>Diatomées</i>	451
5. <i>Desdobramentos do contínuo</i>	454
6. <i>Descorrelação microtemporal</i>	462
7. <i>Fusão e fissão de timbres</i>	465
8. <i>Análise da Nona das Dez peças para quinteto de sopros de Ligeti</i>	468
Apêndice II: Gravações das composições.....	472
Apêndice III: Exemplos sonoros das ilustrações	473

Introdução

Relações entre as músicas instrumental e eletroacústica, epistemologias e operações: do micro ao macrotempo

Como introdução deste trabalho, decidimos por apresentar uma discussão a respeito da relação e dos desdobramentos existentes entre as músicas instrumental e eletroacústica, especificamente a partir dos anos 1950. De fato, o fazer musical nunca esteve dissociado da noção de tecnicidade e dos objetos técnicos (excetuando-se a música puramente vocal), pois o próprio instrumento ou mesmo o local de execução (a não ser ao ar livre), tais como auditórios, teatros, salas, apresentam em si questões técnicas relacionadas à sua construção e utilização.

Justamente a partir dos anos 1950, temos mais um componente agregado a esta discussão: o advento das músicas concreta (*musique concrète*) e da música eletrônica (*Elektronische Musik*), praticadas nos estúdios de Paris e de Colônia. O fazer musical passou então a incluir sons outros que os instrumentais e vocais, a saber, os sons concretos, sons gravados e transformados por equipamentos de estúdio (utilizados na vertente da música concreta), e os sons de síntese, que nessa época se restringiam à síntese aditiva de sons senoidais, geradores de impulsos e ruídos, além de filtros (utilizados na vertente da música eletrônica). Após experiências exclusivamente eletroacústicas, cujo resultado era fixado em suporte, não tardou muito para que se iniciassem experimentos congregando sons eletrônicos, concretos e instrumentais numa mesma obra, o que resultou na conhecida música mista¹, algo que ocorreu nos próprios anos 1950 (MENEZES, 1991, In: MENEZES, 2009).

O termo “música eletroacústica” surge no final dos anos 1950, tal como uma denominação genérica que agrupa as atividades dos compositores da música concreta e da música eletrônica ou, de maneira mais abrangente, como qualquer tipo de música na qual a eletricidade tem um papel mais relevante do que a simples

¹ Dentre as primeiras composições que congregavam sons instrumentais e eletroacústicos, mencionamos as obras *Musica su due dimensioni* (1952), para flauta, pratos e fita magnética (*tape*), de Bruno Maderna (realizada na Universidade de Bonn, com auxílio técnico de Werner Meyer-Eppler) e *Déserts* (1950 - 54), para conjunto instrumental (14 sopros, 5 percussionistas e piano) e fita magnética, cuja parte eletroacústica foi realizada nos estúdios de Paris (*GRM*) e no Centro de Música Eletrônica da Universidade de Columbia (Nova York).

utilização de um microfone ou a amplificação de instrumentos musicais (COUPRIE, 2006). A separação estética entre as músicas contreta e eletônica deixa de fazer sentido a partir de 1955, com a utilização de sons vocais gravados no ambiente da música eletrônica alemã. A “concretização” da música eletrônica tem lugar com a realização das composições *Pfingsoratorium: Spiritus Intelligentiae Sanctus* (1955), de Ernst Krenek, para soprano, tenor e nos eletrônicos, e *Gesang der Jünglinge* (1955 - 56), de Karlheinz Stockhausen, obra que se utiliza, além de sons eletrônicos, de sons de voz gravados de um adolescente (MENEZES, *Op. Cit.*, p. 39).

Também não tardou para que a música mista agregasse, à modalidade de tempo diferido - em que os sons eletroacústicos são gravados numa fita magnética e, dessa maneira, exigindo que os músicos instrumentistas sigam o tempo congelado dos eventos da fita -, a possibilidade do tratamento dos efeitos eletro-acústicos em tempo real, ou seja, no momento da execução da obra, o que permite uma maior flexibilidade temporal por parte dos instrumentistas. Composições que apresentavam sua parte eletroacústica realizável em tempo real começaram a surgir nos anos 1960², passando a demandar que os sons instrumentais fossem captados por microfones, transformados durante a performance através de equipamentos técnicos, tais como moduladores em anel ou de frequência, controlados por outro(s) músico(s) e difundidos por alto-falantes. Da mesma maneira, ferramentas de análise do som e de auxílio à composição passaram a ser desenvolvidas, principalmente a partir dos anos 1970, quando houve maior acesso, por parte das instituições³ ligadas a este tipo de pesquisa, à computadores que poderiam executar estas tarefas (MENEZES, 1999, pp. 17 - 18).

Nesse sentido, com toda esta rápida evolução tecnológica que ocorreu neste período (seja, inicialmente, por meio de equipamentos analógicos de estúdio ou, posteriormente, através de computadores que processam o som digitalmente) e que continua a ocorrer no século XXI, o fazer musical foi profundamente influenciado e transformado. A respeito deste tema, considerando a influência tecnológica na composição musical e a relação entre as músicas instrumental e eletroacústica, citamos os trabalhos recentes de Tatiana Catanzaro (2013), Helen Gallo Dias (2014)

² Como uma das primeiras obras que apresentam a parte eletroacústica realizada em tempo real, mencionamos *Mixtur* (1964), para orquestra, quatro geradores de sons senoidais e quatro moduladores em anel, de Karlheinz Stockhausen.

³ Dentre estas instituições, mencionamos o IRCAM (*Institut de recherche et coordination acoustique-musique*), fundado em 1979, em Paris.

e J. H. Padovani Velloso (2013), além dos trabalhos de Silvio Ferraz (1999), Anne Sèdes (2000), e Ivan Simurra e Silvio Ferraz (2010). Em nossa pesquisa de doutorado, este tema permeou todos os seus momentos, em relação aos aspectos teóricos, analíticos e composicionais abordados. Como apresentaremos, nesta introdução, o aporte tecnológico à composição musical nos últimos 70 anos não apresentou um desenvolvimento linear, sendo dependente das ferramentas tecnológicas que cada instituto, estúdio e, em última instância, que cada compositor tivesse acesso. A partir dos anos 1980, quando começa-se a haver o acesso a computadores portáteis e a diversos *softwares* livres para análise e composição musical, pode-se dizer que, de certa forma, houve uma democratização dos meios para o fazer musical ancorado na tecnologia.

No artigo de Barrière (1989), encontramos uma importante contribuição a respeito da relação entre música e tecnologia, considerando as correntes estéticas do serialismo alemão dos anos 1950 e do espectralismo francês dos anos 1970, artigo este que afirma a interdependência do segundo em relação ao primeiro. Primeiramente, em relação ao serialismo, temos sua aproximação com o estruturalismo, mais especificamente com a noção de estrutura como um sistema de transformações. O serialismo procurou elaborar uma metodologia de controle do material musical, através da manipulação das variáveis do som tais como altura, intensidade, duração e espaço. Temos, nos escritos de Koenig (1987), afirmações pertinentes abordando estas questões. O material seria considerado o substrato da criação artística, material este que, no caso da música eletrônica dos anos 1950, era especificamente o som senoidal. Pode-se chegar a afirmar, em última instância, que neste ambiente havia um fetichismo em relação ao material musical. Koenig descreve que Stockhausen dizia que cada som teria um lugar único numa composição eletrônica, e não poderia ser utilizado em nenhum outro lugar, momento ou outra composição. A razão seria que a composição do som estaria diretamente ligada à composição da forma; o som somente poderia realizar sua “função” dentro do local para o qual ele foi concebido. Koenig (*Op. Cit.*) ainda afirma que, no Estúdio de Colônia, a noção mais importante era a de material, assim como o método serial de composição. Os materiais eram construídos, variados, permutados e organizados no tempo a fim de constituir a forma da obra.

Outra característica apontada por Barrière dentro do serialismo era a tentativa de constituir escalas de durações derivadas da escala de alturas, ou ainda

a ideia de um *continuum* entre durações e frequências. Dentro de nosso trabalho, abordamos em detalhes essa questão, a saber, a tentativa dos serialistas em estabelecer relações isomórficas entre as diferentes escalas temporais de uma obra musical. Temos, como exemplo mais marcante desta tentativa a formulação, por parte de Stockhausen (1959), a proposição da “nova morfologia do tempo musical”. Nessa proposta, baseada na relação interválica da oitava no domínio das frequências (de 2:1), procura-se estabelecer uma escala cromática de durações tendo, por exemplo, os andamentos de 60 e 120 apresentando esta mesma proporção. Logo a seguir, na elaboração de sua “unidade do tempo musical” (*Die Einheit der musikalischen Zeit*), a propósito dos processos de composição de *Kontakte* (1958 - 60), para piano, percussão e *tape*, temos a tentativa do estabelecimento de um *continuum* temporal entre alturas e durações: as frequências 20 e 20.000Hz pertencem ao domínio das alturas; os períodos entre 1/16 e 8s, ao domínio rítmico; e os períodos entre 16s e 1024s, ao domínio da forma (STOCKHAUSEN, 1963, In: MENEZES, 2009, p. 145).

Outro ponto importante assinalado por Barrière (*Op. Cit.*, p. 31) é a ideia que surge, a partir do serialismo, da possibilidade de decompor a música em parâmetros além das inúmeras possibilidades de combinação entre eles. Este modo de decomposição em si não apresenta nenhuma novidade, no entanto a verdadeira mudança de paradigmas estava na quebra da hegemonia da altura musical como parâmetro composicional central, permitindo considerar as outras dimensões musicais com uma nova liberdade. Ainda segundo Barrière, poderia-se argumentar que as noções de parametrização e combinatória estão presentes desde a música de Bach, no entanto, para este autor, esta situação é diferente no caso do serialismo, onde a noção de parametrização implica na noção de operação, uma álgebra sobre os valores aplicados a estes parâmetros. No serialismo, a combinatória intervém no sentido de substituir a noção de funcionalidade, fator preponderante na harmonia da música tonal.

Sobre a noção de operação ou processo, apresentamos como referência teórica o método alagmático proposto por Gilbert Simondon (2005 [1958]). A alagmática é uma tentativa de estabelecimento de uma teoria das operações, uma sistematização de estruturas, partindo do princípio de que uma operação é a conversão de uma estrutura numa outra. Seu objetivo é estudar como diferentes operações se relacionam, ou ainda como ocorrem as relações entre operações e

estruturas, através das noções de transdução e modulação. Sua teoria do ato analógico (*acte analogique*) procura estabelecer relações entre duas operações distintas, através do princípio da analogia (método platoniano de lógica indutiva). O ato analógico seria uma espécie de transferência de operações validado por uma identidade entre relações operatórias. O método analógico supõe que o conhecimento se dá através da definição das estruturas pelas operações que as dinamizam, no lugar de definir as operações pelas estruturas entre as quais elas ocorrem. Desta feita, o pensamento analógico revela a identidade das relações e não relações de identidade, identidades estas de características operatórias. Finalmente, o conhecimento da relação entre uma operação e uma estrutura, mediado por um esquema espaço-temporal, nos levaria à noção de individuação das formas.

A partir das experiências dos compositores que trabalharam junto ao Estúdio de Colônia, passamos a ter conhecimento de reflexões a respeito de uma relação que se poderia estabelecer entre os procedimentos e operações realizadas em estúdio e suas possibilidades de transfência para a música instrumental. Sobre Ligeti, Gallo Dias (2014, p. 101) afirma que o que importava para este compositor era a experiência. Somente após este estágio passava-se para a elaboração de teorias, tais como a micropolifonia, teoria esta claramente derivada de sua experiência com a música eletrônica. Sua abordagem em relação à aplicação de ideias da música eletrônica na música instrumental eram práticas, e seu foco não eram grandes elucubrações derivadas da articulação entre estes dois universos.

Sobre este assunto Ligeti (1980, In: LIGETI, 2010, p. 184 - 85) afirma que tanto os instrumentos musicais como os amplificadores ou fitas magnéticas são produtos de uma técnica e, em princípio, não é importante se ruídos ou sons sejam produzidos por cordas, cordas vocais, palhetas ou circuitos elétricos. Uma noção que influenciou a concepção da micropolifonia foi a observação da qualidade sonora do “timbre de movimento” (*Bewegungsfarbe*) por parte de Koenig, durante a composição de sua obra *Essay* (1957 - 58), trabalho este assistido por Ligeti. Obras orquestrais de Ligeti tais como *Apparitions* (1960) e *Atmosphères* (1961) apresentam, segundo o próprio compositor, uma sonoridade eletrônica, devido justamente à utilização do timbre de movimento no contexto instrumental. O timbre em movimento ocorre quando se ultrapassa o limite de fusão da audição, ou seja, a partir de quando se ultrapassa o limite de vinte eventos musicais distribuídos em um segundo. A micropolifonia deriva deste procedimento, sendo definida como uma

polifonia complexa, com inúmeras vozes entrelaçadas, em que o ouvido não consegue mais distinguir os movimentos individuais, apreendendo apenas a massa sonora resultante desta escrita musical.

Para Koenig (1963), a problemática da música eletrônica não envolveria somente a questão da transferência das operações seriais, aplicadas à música instrumental dos anos 1950, para a música eletrônica. A questão que surge a partir disso é como a experiência da música instrumental no macrotempo (escala temporal ligada à percepção das notas musicais e das relações rítmicas, incluindo o estabelecimento da forma) pode ser transferida ao microtempo (escala temporal abaixo do limite da nota e do ritmo, ligada à formação dos espectros sonoros e do timbre). A música instrumental é amplamente influenciada pelos construtores de instrumentos, pois os sons produzidos instrumentalmente dependem da maneira como estes instrumentos são construídos. A construção técnica destes objetos influenciou (e segue a influenciar) as categorias musicais de melodia, contraponto, harmonia, forma, instrumentação, ou ainda as formações rítmicas e métricas. A música eletrônica, por outro lado, nos anos 1950 - 60, era produzida por equipamentos elétricos, sendo também largamente influenciada pela tecnologia empregada pelos engenheiros e técnicos que desenvolviam estes equipamentos. Assim, os sons eletrônicos também são totalmente dependentes do modo de construção técnica dos aparelhos.

Ainda seguindo o raciocínio de Koenig, numa comparação entre as músicas instrumental e eletrônica, o *continuum* sonoro, extremamente difícil de ser obtido na música instrumental, é possível de ser realizado na música eletrônica, pois, teoricamente, pode-se produzir com equipamentos eletrônicos um som contínuo de qualquer duração. Na música instrumental compõe-se com notas, através dos parâmetros (entre outros) de altura, intensidade, duração e instrumentação, além de suas disposições horizontais (contraponto) e verticais (harmonia). Através destas relações pode-se constituir a forma de uma obra. Na música eletrônica, um som é composto através de inúmeros componentes individuais (parciais) cujas determinantes podem ser alteradas no som seguinte. Nesse sentido, um som individual torna-se um armazenamento de dados referentes a este som e ao próximo (e a todos os sons produzidos), desta feita, cada som com suas características (altura, intensidade, timbre) possui uma forma única, individual ou ainda, em última instância, individuada. Enquanto na música instrumental compõe-se “com” os sons, na música eletrônica compõe-se o som. Neste sentido,

um som produzido eletro-nicamente é ao mesmo tempo uma sessão formal e uma unidade acústico-musical.

A música espectral, corrente estética que surgiu na França no início dos anos 1970, prolonga a relação entre música e tecnologia estabelecida pelos serialistas que trabalhavam com a música eletrônica. Os compositores espectrais, dentre os quais podemos citar, entre outros, Gérard Grisey, Tristan Murail e Hugues Dufourt, não utilizavam especificamente operações de construção do som, tais como faziam os serialistas a fim de criar o material musical através da utilização de sintetizadores ou outros aparatos eletrônicos. O material de trabalho destes compositores era o som instrumental, trabalhado através de uma inspiração metafórica baseada nos processos e operações de estúdio, provenientes da música eletrônica. A ideia dos espectralistas era de recriar, no contexto da música instrumental, operações eletroacústicas tais como filtragens, defasagens, modulações em anel, modulações de frequência, etc., procedimentos que ficaram conhecidos como síntese instrumental, um tipo de tecnomorfismo.

Segundo Grisey (1979, In: GRISEY, 2008), a síntese instrumental é uma macrosíntese, pois opera no nível das notas. A síntese eletrônica, por sua vez, é uma microsíntese pois trabalha com elementos pertencentes ao microtempo. Um dos principais procedimentos encontrados na síntese instrumental é uma exploração do interior do som (nas palavras de Grisey, o ambiente microfônico) e o estiramento de sua duração, proporcionando uma viagem do microfônico ao macrofônico. Todos estes procedimentos somente se tornaram possíveis após o desenvolvimento de equipamentos técnicos que proporcionaram visualizações da estrutura interna do som. Ademais, Grisey (1982, In: *Op. Cit.*) sintetiza as principais qualidades música espectral realçando três características: *diferencial*, pela tentativa de integrar todas as categorias do sonoro, revelando suas qualidades individuais mas evitando sua hierarquização e seu nivelamento, sendo a diferença o fundamento organizador de tensões; *liminal*, pois ela procura mostrar os limites onde se operam as interações psicoacústicas entre os parâmetros, além de mostrar suas ambiguidades; e *transitória*, porque ela entende o som como um campo de forças.

Para Hugues Dufourt (“La violence de l’art”, In: DUFOURT, 2014, pp. 17 - 24), a música espectral - uma música essencialmente instrumental mas produzida com o auxílio de equipamentos e ferramentas eletrônicas - seria uma tomada de consciência no âmbito musical das transformações fundamentais que ocorreram, ao

longo dos anos 1960 e 70, nas ciências da natureza e da mente. Ela procuraria reinventar as funções da percepção, memória e cognição ligadas à música e teria como centro de atuação a intensidade pura da duração, em analogia à duração bergsoniana, a *durée* (Cf. Capítulo 2, item 2.3.1). Poderia ainda ser entendida como a “arte da fluência”, na qual podem intervir momentos de turbulência ou ondas de choque.

Dufourt (*Op. Cit.*, p. 20) relativiza a importância das três características propostas por Grisey sobre a música espectral (diferencial, liminal e transitória), assim como a importância da síntese instrumental e da exclusividade da problemática do timbre. Sua verdadeira importância estaria na busca de uma lógica de equivalências extensivas, de analogias exatas, de correspondências operáveis e de ambiguidades na percepção (aqui em consonância com a diferença liminal de Grisey). O essencial de seus meios expressivos estaria nos tratamentos dados ao material musical que levariam ao aparecimento de dinâmicas instáveis, tais como organizações em via de emergência (produzindo o tempo musical), possibilidades em movimento e polaridades diversificadas ao extremo. Os critérios da percepção ligados aos estudos atuais sobre o timbre, como por exemplo descrições de seu brilho, distribuição de energia, rugosidade, taxa de harmonicidade, micromodulações, granulações, grau de fusão, etc., seriam os parâmetros operáveis neste ambiente composicional.

Dentro do contexto apresentado, Dufourt (*Op. Cit.*, p. 21) sustenta que o aparecimento da forma musical se dá como uma intuição única, diversa e ramificada, proveniente de um mesmo processo implementado na multitude de suas fases, um processo que imita de alguma maneira as modalidades indeterminadas da síntese espontânea. Através dessa noção de forma na música espectral apresentada por Dufourt, entendemos que ela é ressonante ao pensamento de Humberto Maturana e Francisco Varela que conceberam, entre outras ideias, o conceito de autopoiese (2011 [1984]). Por definição, um organismo ou um sistema que possui uma organização autopoietica tem seus componentes dinamicamente relacionados numa rede contínua de interações (tal como ocorre no metabolismo celular) e que se constitui através de sua própria dinâmica. Neste sentido, como uma unidade autopoietica possui múltiplas interdependências, quando uma de suas dimensões é afetada, todo o sistema sofre mudanças correlacionadas.

A noção de enação, cunhada por Varela nos anos 1990 (VARELA, 1994), poderia também estar ligada às organizações emergentes buscadas por Dufourt em seu processo composicional. A enação seria o “fazer emergir”, ou seja, o ato de dar a sustentação para que uma forma ou interação possa emergir. A forma, no contexto da enação, é o resultado das interações internas de um sistema, de suas organizações topológicas, é o resultado perceptivo de um processo complexo passível de ser entendido pelas suas múltiplas ramificações interiores. Essa teoria parte do princípio de que o sujeito, ao perceber o mundo externo, não constrói representações dos objetos. A cognição seria a faculdade de fazer emergir, de construir um significado através de múltiplas interações, pois em nosso mundo não existe nada preestabelecido. Um sistema emergente, por sua vez, se caracteriza como um sistema cuja forma percebida não é passível de ser decomposta no conjunto das estruturas internas que o constitui. Sua potência se encontra justamente nas múltiplas conexões que se realizam em seu interior e não apenas na somatória de suas microestruturas.

Sobre a questão da investigação dos compositores espectrais sobre a percepção, Barrière (*Op. Cit.*, p. 37 - 38) afirma que estes compositores primeiramente tomam contato com proposições da acústica em relação à compreensão dos fenômenos sonoros. Por outro lado, a corrente espectral foca sua abordagem na globalidade de fenômeno sonoro, diferentemente dos serialistas que, a fim de estabelecerem operações, parametrizavam suas variáveis e se utilizavam de relações numéricas proporcionais entre elas. Para os espectralistas, o espectro sonoro é o modelo, uma representação prática do fenômeno sonoro, uma mediação que permite descrever de maneira intuitiva uma quantidade de operações que são musicalmente pertinentes do ponto de vista perceptivo. Sua fundamentação na acústica permite justamente apreender a interdependência dos parâmetros sonoros ao mesmo tempo que apresentam um nível alto de interrelações, e formam um sistema. Neste sentido, as estruturas que ligam as diferentes dimensões sonoras ganham importância e permitem a construção e a modulação de um objeto único, o timbre, que é percebido em sua totalidade. Nesse sentido, o timbre é o objeto ou o suporte ideal para uma escrita que enfatiza este estabelecimento de relações, e que pode ser qualificada de sistêmica.

As experiências com foco no timbre realizadas pelos compositores espectrais na música instrumental ocorreram alguns anos após as pesquisas sobre

a reconstrução de timbres instrumentais por síntese sonora digital realizadas nos Estados Unidos, dentre outros pesquisadores, por Jean-Claude Risset (RISSET, 1969). Risset chegou aos Estados Unidos - vindo da França - em 1964, estabelecendo-se nos Bell Laboratories. Neste momento, Risset estabeleceu o timbre como foco de sua pesquisa, passando a estudar o comportamento do timbre do trompete no tempo. Seu modelo de síntese digital tinha forte embasamento no aspecto perceptivo dos sons processados, o que o levou a observar que as características mais salientes dos sons de instrumentos de metal variavam de acordo com o *loudness* (nível de audibilidade). Assim, pode constatar que quando o nível de audibilidade aumenta, o mesmo acontece com a proporção de energia de frequências médio-agudas (RISSET, 1985, p. 11-12).

O modelo de construção do timbre de Risset (que certamente influenciou a visão dos compositores espectrais) era de um prolongamento da harmonia até sua transformação em timbre (pelo viés da síntese aditiva). Esta constatação existe desde os experimentos de Hermann Von Helmholtz (datados da segunda metade do século XIX), que concluiu sobre a relação direta entre timbre e espectro nos sons periódicos com altura definida. Dessa maneira, no seu trabalho de construção sintética de sons instrumentais, Risset também observa que a variação temporal do espectro é fundamental para a determinação do timbre. Ademais, a adição de componentes ruidosos com o intuito de enfatizar a aspereza e rugosidade dos sons instrumentais sintetizados aumentaria a sua semelhança em relação aos sons instrumentais acústicos (RISSET; WESSEL, 1999, p. 120).

A noção transitória do som como o resultado de um campo de forças, delimitada por Grisey, assim como a dinâmica de evolução do timbre em mutações permanentes que perpassam o contínuo e o descontínuo (entre a fusão e a fissão) tal como descreveram Dufourt e Risset, nos remetem à noção de morfogênese proposta por René Thom, matemático que nos fornece algumas ferramentas para entendermos as músicas compostas após os anos 1970. Thom (1984, In: THOM, 1990, pp. 131 - 138), define a arte como um local de conflito entre formas e forças. Para Thom, a forma possui, em princípio, um caráter estático perceptível; a força é uma entidade imperceptível sob condições normais que produz efeitos dinâmicos e perceptíveis, também ligada à causalidade e à irreversibilidade do tempo, tal como descreve nesta passagem: “A arte consiste em representar as forças pelas formas,

em exprimir a propagação das pregnâncias subjetivas ou objetivas por seus efeitos sobre as formas salientes particularmente expressivas”⁴ (p. 135, tradução nossa).

Esta afirmação nos abre espaço para abordarmos conceitos perceptivos especialmente importantes em relação às formas: a saliência (*saillance*) e a pregnância (*prégnance*). Estas categorias pertencem à uma tentativa de Thom de elaborar uma pesquisa sobre as formas significantes, tal como uma física do sentido, por ele denominada semiofísica (*sémiophysique*). A saliência está ligada à descontinuidade do fenômenos perceptivos, configurando-se como toda forma transitória que se separa de maneira destacada de um fundo contínuo. A saliência apresenta uma curta duração e normalmente impacta o aparelho sensorial do organismo que a percebe, provocando uma ruptura brusca da continuidade externa aparente. As pregnâncias são as formas estáveis que aparecem e se estabilizam após uma ruptura perceptiva provocada pelas formas salientes. Normalmente são formas de longa duração, que podem ter desde um significado biológico como fome, sede, medo em relação ao um predador, etc., ou também estarem ligadas às afecções, conectando-se a uma infinita gama de possibilidades, afecções estas que seriam desencadeadas por apreciações estéticas (no caso da arte), além de outros possíveis significados diferentes destes. No limite, dentro do conhecimento humano, cada conceito está associado à uma pregnância. Descrevendo uma possível sequência de acontecimentos envolvendo formas significantes, uma forma saliente (instável, transitória) que rompe o esquema espaço-temporal perceptivo é capturada e invadida por uma forma prenante (estacionária, de longa duração), que somente deixará de influenciar e deixar marcas no sujeito a partir do surgimento de uma nova forma saliente que rompe esta pregnância (THOM, 1988).

Neste sentido, toda forma, seja ela saliente ou prenante, pressupõe uma descontinuidade perceptível que separa o espaço contido em seu interior do espaço exterior. As morfologias podem aparentar uma continuidade em seu relevo, tal como as formas circulares ou ovais ou também podem apresentar descontinuidades intrínsecas, pontos de quebra ou descontinuidade, conhecidos como pontos críticos, pontos estes que integram uma mesma morfologia. No mundo físico, exemplos de descontinuidades ligadas a uma mesma morfologia são as transformações de

⁴ “L’art consiste donc à représenter des forces par des formes, à exprimer la propagation des prégnances subjectives ou objectives par leurs effets sur des formes saillantes particulièrement expressives” (THOM, *Op. Cit.*, p. 135).

estados da água, transformações estas que apresentam dois pontos críticos; o primeiro por volta de 0°C, seu ponto de congelamento, de transição do estado sólido para o líquido; o segundo por volta de 100°C, seu ponto de fusão, de transformação do estado líquido para o gasoso. Thom (1985), alinhado a este tipo de abordagem, numa tentativa de explicar morfologias que apresentam pontos de descontinuidade intrínsecos a partir de uma metodologia de organização de dados da experiência, concebeu a teoria das catástrofes. As catástrofes são exatamente estes pontos críticos de ruptura, em que um sistema não consegue seguir mantendo sua continuidade, tal como morfologias que se apresentam numa sucessão de evoluções contínuas separadas por rompimentos qualitativamente diferentes, implicando em mudanças de níveis perceptivos. Esses sistemas são, portanto, de natureza heterogênea e se afastam da ideia de isomorfismo buscada pelos serialistas, ao mesmo tempo em que se aproximam da ideia de heteromorfismo, concepção que se articula com o pensamento de outras correntes estéticas que surgem na música nos anos 1970, em paralelo ao espectralismo.

A abordagem sistêmica do som, pensando-o como um fenômeno complexo, assim como a noção de heteromorfismo, atingiu também outras estéticas surgidas nos anos 1970, tais como a *New complexity* de Brian Ferneyhough, além da música de Horacio Vaggione, a qual focaremos nossa atenção. Vaggione - compositor cuja formação está ligada ao Estúdio de Música Experimental da Universidade de Illinois, fundado por Lejaren Hiller em 1958 - também apresenta em seus escritos teóricos uma abordagem sistêmica do som, cuja forma perceptiva é também o resultado de uma emergência. No entanto, ressaltamos que sua abordagem em relação à organização sistêmica dos componentes internos do fenômeno sonoro diverge dos compositores espectrais, que como vimos têm sua fundamentação na acústica. Para Vaggione (2000), devido à sua proeminência em relação à música eletroacústica, o som é resultado de uma rede de operações de caráter numérico (computacional), fundamentado no ciclo composto pelos elementos análise-transformação-síntese. A composição eletroacústica seria portanto o estabelecimento de redes de objetos, no sentido computacional do termo, aqui utilizado diferentemente da definição *schaefferiana* de objeto sonoro. O objeto, para Vaggione, seria uma organização sistêmica que reúne inúmeras representações ou códigos ligados a processos ou a estruturas sonoras, que se relacionam a diferentes escalas temporais e níveis operatórios.

Neste ponto, temos uma diferença no que tange a abordagem serialista da música eletrônica dos anos 1950, que buscava obter relações isomórficas e mesmo uma continuidade entre as diferentes escalas temporais dentro de uma composição. Vaggione parte do princípio da existência de descontinuidades entre diferentes escalas temporais⁵, as quais devem ser pensadas como entidades heterogêneas. O que se deve buscar, no entanto, neste modelo composicional, são pontos de articulação entre as escalas micro e macrotemporais, a fim de que as redes de objetos se entrecruzem e estabeleçam relações que perpassem os domínios temporais heterogêneos. Temos ainda, na teorização do processo de micromontagem, um procedimento composicional da música eletroacústica de Vaggione (2001), a utilização do conceito de *saliência*, proveniente de René Thom (1988). Nesse contexto, a *saliência* é entendida como os pontos de descontinuidade, transitórios, percebidos durante o processo de escuta de um som, pontos estes que suscitam interesse estético auditivo. A partir disso, estas *saliências* ou *transientes* microtemporais (minúsculos pedaços de sons) são separados e submetidos a diferentes tratamentos eletrônicos que produzem variações e réplicas da *saliência* original.

* * *

Esta tese não desenvolverá um percurso linear do início ao fim, situando-se mais próxima a uma rede de ideias e conceitos interrelacionados, os quais contribuem para a construção de um pensamento composicional, de maneira similar ao percurso realizado por Curtis Roads em seu livro *Microsound* (2001). Investigaremos problemas relacionados à continuidade e à descontinuidade dos materiais sonoros, à sua homogeneidade e heterogeneidade, além da possibilidade de fusão e segregação destes materiais no nível microtemporal. Da mesma maneira, abordaremos as continuidades e descontinuidades formais no nível do macrotempo, ou seja, das formas sonoras perceptíveis, dos objetos sonoros. Os conceitos abordados podem parecer eventualmente dispersos: discute-se a analisa-se diferentes vertentes musicais (música eletrônica, espectralismo, música estocástica, *computer music*) além de diversos conceitos de acústica, física quântica, filosofia e

⁵ Sobre a descontinuidade do tempo, Cf. Bachelard (1972; 1994).

estética. No entanto, esta gama conceitual está presente nos diversos caminhos pelos quais o microtempo foi introduzido no pesamento da música dos séculos XX e XXI, como observamos na música de Xenakis, Ligeti, Stockhausen, Grisey, Murail, Truax, Roads e, por fim, Vaggione.

É possível compreender esta tese a partir de uma abordagem teórica que percorre direcionalmente o caminho do universo microtemporal ao macrotemporal, ou seja, do interior do som, de seu espectro, ao seu exterior, às suas formas perceptíveis. Em relação ao universo microtemporal (abordado no Capítulo I), descreveremos processos técnicos de construção do som, tendo em vista os paradigmas ondulatório (SEEBECK, 1842; HELMHOLTZ, 1954, MEYER-EPPLER, 1954; TERHARDT, 1974) e granular (GABOR, 1945; XENAKIS, 1962; ROADS, 2001), além de suas possíveis transposições para o âmbito da música instrumental, por meio das noções de tecnomorfismo (WILSON, 1989; FERRAZ, 1999; SÈDES, 2000; CATANZARO, 2003) e síntese instrumental (GRISEY, 1979). A dualidade entre onda e partícula (corpúsculo) data do início do século XVIII, com a publicação de *Optiks* (1704) por Isaac Newton, onde ele descreve sua teoria corpuscular da luz. Logo a seguir, a teoria ondulatória da luz surge com Christian Huygens, a partir de experimentos sobre a reflexão e refração da luz (e sua propagação). No entanto, a visão “atomista” da matéria data do século V a.C., período em que Leucipo e Demócrito propagavam a visão de que toda matéria ou energia seria constituída de ínfimas partículas e espaços vazios. A dualidade onda-partícula surge novamente com grande intensidade em 1907, quando Albert Einstein previu, no contexto da física dos estados sólidos, que todo átomo, em rede, é um oscilador harmônico quântico, sendo que todos os átomos vibram na mesma frequência, levando-o ao estabelecimento do conceito de fônon. (ROADS, 2001, p. 50-68).

No âmbito macrotemporal (capítulo II), analisaremos as formas sonoras perceptíveis geradas a partir das operações microtemporais estudadas, além dos mecanismos de estruturação, manejo, articulação, fusão, segregação e interpolação de diferentes formas dentro do fluxo temporal musical. Permeando esta discussão, apresentaremos as noções de forma, informação e individuação propostas por Simondon (2005, 2010), que implicam, no microtempo, a propagação da informação por transdução, uma propagação que ocorre através do contato por contiguidade entre as partículas, uma operação amplificadora que se estrutura progressivamente. No macrotempo, por sua vez, aliada à noção de percepção da forma, temos a noção

de modulação, o ato contínuo e perpetualmente variável de moldar a forma através de uma energia reguladora.

No capítulo III deste trabalho temos a aplicação prática das teorias estudadas e discutidas em análises musicais de obras pertinentes (considerando nossa fundamentação teórica) do repertório dos séculos XX e XXI.

No capítulo IV temos a aplicação teórica em nossas composições musicais, configurando-se como um resultado prático do nosso trabalho e pesquisa, tal como um campo de experimentação a fim de testar as hipóteses colocadas ao longo do percurso da tese.

Na tese, incluímos as partituras das composições realizadas ao longo do doutorado e, no Apêndice I, discutimos os *patches* criados para a performance da eletrônica em tempo real das obras mistas.

PRIMEIRA PARTE

PROCESSOS MICROTEMPORAIS E MORFOLOGIAS SONORAS

Capítulo I

A composição do som no domínio microtemporal: os paradigmas ondulatório e granular

Sabe-se que a propagação do som em meios como o ar e a água ocorre no espaço de maneira tridimensional, em forma de onda longitudinal, a partir de vibrações das partículas do meio. Nessas vibrações, as partículas do ar e da água sofrem compressões e rarefações, vibrando em torno da sua posição de equilíbrio. Por outro lado, em relação à composição do som ou à sua forma, nossa hipótese é a de que esse fenômeno pode se dar de várias maneiras tendo, no limite, uma composição totalmente ondulatória (contínua) ou totalmente granular (descontínua). Graduações entre esses dois extremos são perfeitamente possíveis e interessantes de serem exploradas. Neste capítulo apresentaremos diferentes operações que podem ser realizadas com o som, seja no contexto ondulatório, seja no contexto granular, seja no meio da música eletroacústica (síntese sonora e outras operações) ou no meio da música instrumental (técnicas estendidas de escrita). A transposição entre estes dois meios pode ser pensada a partir dos conceitos de tecnomorfismo (WILSON, 1989; FERRAZ, 1999; SÊDES, 2000; CATANZARO, 2003) e de síntese instrumental (GRISEY, “A propos de la synthèse instrumentale”, 1979, In: GRISEY, 2008).

Antes de entrar propriamente na discussão a respeito dos modelos ondulatório e granular de composição/decomposição do som, apresentaremos uma fundamentação teórica/epistemológica que nos permite pensar o som a partir desses modelos. Para tanto, nos fundamentaremos no método analógico discutido por Simondon em seu texto “La théorie de l’acte analogique” (In: SIMONDON, 2005 [1958], pp. 559 – 566), e empregado por Platão como o método lógico de descoberta indutiva. Logo após, apresentaremos a aplicação do método analógico por parte de Augustin-Jean Fresnel (1788 – 1827) na sua definição das leis de propagação da luz. Em seu trabalho, Fresnel demonstrou a semelhança entre as operações realizadas no contexto da propagação da luz e da propagação do som, embora esses fenômenos possuam estruturas diferentes. Por fim, no contexto mais recente da física quântica, proporemos uma analogia entre os conceitos de fônon e fóton,

analogia que permite pensar o som simultaneamente como onda e corpúsculo, tal como a luz.

Segundo Simondon, ato analógico é a vinculação de duas operações (entendemos o termo “ato” por movimento ou mudança de estado de um indivíduo). O “ato” pode ser considerado como uma transferência de operações, validado por uma identidade de relações operatórias. Assim, uma operação realizada sobre uma estrutura particularmente conhecida pode ser transportada para uma estrutura desconhecida, esta última objeto de uma investigação. Este método parte do princípio de que pode-se conhecer as características de um ser individuado e suas estruturas, a partir das operações que o dinamizam. Seria uma inversão do princípio segundo o qual as operações são definidas a partir das estruturas nas quais elas são empregadas. Temos, desta maneira, identidades de relação, e não relações de identidade, especificamente identidades de relação operatórias, não-estruturais.

O método analógico é válido em um mundo no qual os seres (seres vivos e objetos) são definidos por suas operações e não por suas estruturas. Temos, dessa forma, um dinamismo operatório da vida no qual o papel da estrutura no conhecimento é colocado em questão sob a forma de uma intuição marginal. O papel da alagmática (a teoria das operações, explorada no Capítulo II) neste contexto é o de determinar a relação verdadeira entre o conhecimento estrutural (ciência analítica) e o conhecimento operatório (ciência análoga) dentro do ser, através de equivalências entre operações. Esse conhecimento relacional entre operação e estrutura é estabelecido através de uma mediação entre os esquemas temporal e espacial dentro de um indivíduo, tendo como pressuposto o indivíduo como portador de tensão, sobressaturação e incompatibilidade, o indivíduo em seu estado de metaestabilidade, preparado para relacionar-se com o meio e com outros indivíduos.

Fresnel empregou o método analógico na definição das leis de propagação da luz ao conservar a semelhança entre a onda luminosa e a onda sonora não através de uma identidade estrutural, mas através de uma identidade operatória. Em sua teoria, as ondas luminosa e sonora possuem estruturas diferentes: a primeira possuindo, em relação à propagação, um alongamento perpendicular, e a segunda, um alongamento longitudinal, paralelo ao sentido do deslocamento. A analogia aparece pois as operações são as mesmas: a combinação entre as ondas, luminosas ou sonoras, é feita da mesma maneira,

podendo culminar em resultados estruturais diferentes (SIMONDON, 2005, p. 563). Localizamos abaixo, na obra *Théorie de la lumière*, de Fresnel, o momento em que é mencionada esta analogia entre a vibração dos corpos sonoros e das partículas luminosas.

Nós não consideraremos o problema das vibrações de um fluído elástico sob o mesmo ponto de vista que os geômetras fazem normalmente, quer dizer, considerando somente uma oscilação. Na natureza, as vibrações não são nunca isoladas; elas sempre se repetem um grande número de vezes, como pode-se observar nas oscilações de um pêndulo ou nas vibrações dos corpos sonoros. Nós suporemos que as vibrações das partículas luminosas se realizam da mesma maneira, sucedendo-se regularmente por séries numerosas; hipótese a qual nos é fornecida por analogia, e que ademais parece uma consequência das forças que sustentam as moléculas dos corpos em equilíbrio⁶ (FRESNEL, *Théorie de la lumière*, In: FRESNEL, 1866, p. 285, tradução nossa).

Autores anteriores à Fresnel, tais como Christiaan Huyghens (1629 - 1695), ou mesmo contemporâneos a ele (Thomas Young, 1773 - 1829), consideravam a luz como um sistema de ondas de vibrações indeterminadas, ondas estas que somente se diferenciariam das ondas sonoras pelo período de suas vibrações e pela velocidade de sua propagação. De acordo com Émile Verdet (In: FRESNEL, 1866, Introdução), nem Huygens nem seus antecessores consideram a hipótese da luz como um tipo movimento tal como uma invenção pessoal. Essa seria uma hipótese que não pertence a nenhum indivíduo específico, embora muitos físicos a discutam em seus trabalhos. Seria muito difícil determinar o momento no qual esta hipótese foi enunciada pela primeira vez. Sabe-se até que ela pode também ser encontrada nos manuscritos de Leonardo da Vinci⁷.

A visão corpuscular da matéria tem suas raízes na filosofia da Grécia Antiga, a partir dos conceitos de materialismo e atomismo de Leucipo e Demócrito, datados do século V a.C. (HEISENBERG, 1971 [1958], pp. 27 - 35; ROADS, 2001, p. 51). A ideia de ínfimas e indivisíveis partículas da matéria e da energia, do ser e do devir, faziam parte do primeiro período da filosofia grega. Dentro da filosofia de

⁶ Nous n'envisagerons pas le problème des vibrations d'un fluide élastique sous le même point de vue que les géomètres l'ont fait ordinairement, c'est-à-dire, en ne considérant qu'un seul ébranlement. Dans la nature, les vibrations ne sont jamais isolées ; elles se répètent toujours un grand nombre de fois, comme on peut le remarquer dans les oscillations d'un pendule ou les vibrations des corps sonores. Nous supposerons que les vibrations des particules lumineuses s'exécutent de la même manière, en se succédant régulièrement par séries nombreuses ; hypothèse où nous conduit l'analogie, et qui d'ailleurs paraît une conséquence des forces qui tiennent les molécules des corps en équilibre (FRESNEL, *Théorie de la lumière*, In : FRESNEL, 1866, p. 285).

⁷ Cf. Histoire des mathématiques en Italie, tome III, p. 43.

Heráclito (séculos VI e V a.C.), o princípio da mudança não é algo material, mas representado pelo fogo, o elemento básico de sua filosofia, que é ao mesmo tempo matéria e força de mudança. Segundo Heisenberg, se dentro da física moderna, trocarmos a palavra “fogo” por “energia”, temos analogamente a repetição das afirmações da física quântica. A energia, neste contexto, pode ser entendida como a propagação de uma onda, veículo de transformação.

Segundo Heisenberg (*Op. Cit.* pp. 29 - 30), a energia, em última consequência, é a substância partir da qual partículas elementares e átomos são feitos. Energia é substância (já que sua quantidade total não se altera) que pode ser transformada em movimento, calor, luz ou tensão, podendo ser considerada a causa fundamental de todas as transformações em nosso meio. Na física moderna as partículas elementares possuem uma massa, da mesma forma que possuem outras propriedades. Por sua vez, massa e energia, de acordo com a teoria da relatividade, são essencialmente os mesmos conceitos. Assim, todas as partículas elementares são constituídas de energia, afirmação que pode ser entendida como a validação da afirmação de que a energia é a substância básica do mundo. A energia é aquilo que move, a primeira causa de todas as mudanças, podendo ser transformada em matéria, luz ou calor.

Em 1616, Isaac Beeckman (1588 - 1637) apresenta sua teoria corpuscular do som (BEECKMAN, 2007). Segundo H. F. Cohen (1984, pp. 120 - 121), um dos fundamentos gerais de sua teoria mecânica geral afirmava que todas as qualidades das coisas são reduzidas ao movimento dos átomos, os quais apresentam várias formas e tamanhos no vazio. O ponto central da teoria corpuscular do som deriva da ideia de que qualquer objeto que vibra, como por exemplo uma corda, “cortaria” o ar ao seu redor em pequenos corpúsculos esféricos de ar, que são distribuídos por todas as direções pela vibração do objeto em questão. Um conjunto destes corpúsculos, quando atingem nosso sistema auditivo, constituem o som ouvido. Assim, a vibração não é uma causa necessária para a produção do som; para que haja som, é necessário apenas que o ar seja dividido em pequenos glóbulos, estes últimos produtores do som. Ainda de acordo com Cohen, (*Op. Cit.*, pp. 125 - 127), estes pequenos glóbulos de ar diferem em tamanho, forma, densidade, quantidade, velocidade, além de outras possíveis maneiras. Quanto às propriedades do som, a altura estaria relacionada à velocidade através da qual os glóbulos são emitidos: quanto mais rápidos, mais agudo é o som. A percepção da

intensidade (*loudness*) estaria associada à quantidade de glóbulos emitidos. A qualidade do som (timbre) dependeria do tamanho e da disposição dos glóbulos.

A teoria corpuscular do som de Beeckman acabou sendo rejeitada por seus contemporâneos como René Descartes e Marin Mersenne que, em suas respectivas obras *Compendium musicae* (1618) e *Harmonie universelle, contenant la théorie et la pratique de la musique* (1636), adotam uma visão ondulatória deste fenômeno, visão esta que se manteve em destaque até o século XX, principalmente pela proliferação de tratados musicais de harmonia, como o conhecido tratado de Jean-Philippe Rameau, *Traité de l'harmonie reduite à fes principes naturels* (1722), que se tornou referência sobre o tema. No início do século XX, a natureza corpuscular dos fenômenos luminoso e sonoro voltou a ganhar terreno, a partir do advento da mecânica quântica, na qual os fenômenos em nível atômico podem ter tanto uma descrição ondulatória quanto corpuscular, de uma forma complementar.

Ainda no século XVIII, de maneira similar à teoria corpuscular do som proposta por Beeckman, Isaac Newton (1642 - 1727) - cujos experimentos realizaram-se por volta de um século antes de Fresnel e Young -, mantendo-se na mesma linha de Leucipo e Demócrito, não considerava a luz como um sistema ondulatório, mas como um fenômeno de natureza corpuscular, formada por inúmeras partículas de tamanho ínfimo (*Opticks*, 1707, livro II, proposições 12 e 13). Grande parte de sua teoria foi construída tendo por base o atomismo tanto da luz quanto da matéria, sendo o primeiro formado por corpúsculos extremamente pequenos, enquanto que o segundo por corpúsculos um pouco maiores. Como justificativa para sua teoria corpuscular da luz, Newton afirmava que as leis de reflexão e refração somente poderiam ser explicadas se a luz tivesse uma natureza corpuscular, pois as ondas não possuem a tendência de se deslocar em linhas retas. Estas partículas seriam ainda coloridas e, ao serem combinadas, apresentariam uma tonalidade predominantemente branca. No total, o espectro luminoso poderia ser dividido em sete cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, índigo (azul escuro) e violeta.

1.1 Mecânica quântica, princípio da incerteza e sua analogia em relação ao som

Na virada o século XIX para o século XX houve uma grande mudança de paradigma no universo científico, a partir da publicação de Max Planck sobre a hipótese da mecânica quântica, em seu artigo “On the theory of the energy distribution law of the normal spectrum” (1900, título em inglês). Sua hipótese se baseava na afirmação de que quantidades de energia poderiam ser emitidas ou absorvidas somente em quantidades discretas de quanta energético pelo átomo de radiação (oscilador). A seguir, faremos um breve histórico a respeito da teoria quântica tendo como referência a obra *Physics and philosophy* (1971 [1958]), de Heisenberg.

A descoberta de Planck acerca da lei da radiação térmica afirmava que qualquer quantidade de matéria, quando aquecida, começa a brilhar, tornando-se avermelhada e, quando aquecida a temperaturas extremamente elevadas, torna-se branca. Esta cor não depende da superfície do material; para um corpo negro (um corpo que absorve toda a radiação eletromagnética que nele incide) depende apenas da temperatura. No contexto dos experimentos do Planck, o corpo negro era justamente o objeto adequado para suas pesquisas sobre as leis da radiação e calor.

Alguns anos após, em 1905, Albert Einstein pesquisava a respeito do efeito fotoelétrico, ou seja, a emissão de elétrons sob influência da luz, chegando à conclusão de que a energia dos elétrons emitidos não dependeria da intensidade da luz, mas apenas de sua cor, mais especificamente de sua frequência (experimento de Lenard). Esta conclusão não poderia ser entendida a partir da teoria tradicional da radiação, o que levou Einstein a utilizar a teoria de Planck para explicar suas observações e proporcionou a afirmação de que a luz seria formada por pequenas partículas (quanta) que viajariam através do espaço, partículas estas que futuramente seriam conhecidas como fótons. A energia de um quanta de luz, de acordo com as afirmações de Planck, seria igual à frequência da luz multiplicada pela constante de Planck (h)⁸: $E = h \times v$. Na hipótese de Einstein, a luz poderia ser interpretada a partir de ondas eletromagnéticas (de acordo com a teoria de Maxwell) ou como sendo formada a partir de partículas ou quanta de luz. Esta dupla interpretação derivaria do fato de que Einstein tinha conhecimento de que os

⁸ Valor da constante de Planck: $h = 6,62607004 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg} / \text{s}$

fenômenos luminosos de difração e interferência apenas poderiam ser explicados tendo como base a luz como um fenômeno ondulatório.

No mesmo período, experimentos sobre a estrutura do átomo estavam sendo realizados por Becquerel, Curie e Rutherford, culminando no modelo atômico de Rutherford (1911), no qual o átomo possui um núcleo de carga positiva e elétrons que orbitam a sua volta (como planetas em volta do sol), possuindo cargas negativas. Este modelo, no entanto, não explicava a estabilidade atômica, fato explicado por Bohr em 1913, também ao aplicar a hipótese quântica de Planck ao modelo atômico, chegando à seguinte conclusão: se o átomo apenas puder alterar sua energia por meio de quantidades discretas de energia (quanta), isto significa que o átomo somente pode existir em estados estacionários discretos, sendo o seu estado normal o mais elementar. Neste sentido, qualquer interação atômica sempre resultaria em seu estado elementar. A partir da aplicação da hipótese de Planck, Bohr não somente conseguiu explicar a estabilidade atômica mas também pode dar uma interpretação teórica sobre o espectro linear emitido pelos átomos a partir de uma excitação provocada por uma descarga elétrica ou calor.

Em 1924, Louis de Broglie estendeu o dualismo existente entre as descrições da estrutura atômica ondulatória e corpuscular às partículas elementares da matéria (especialmente em relação aos elétrons). Ele observou, por analogia, a existência de uma onda de matéria que corresponderia a um elétron que se move, assim como uma onda luminosa corresponderia a um quanta de luz que se move. Em sua tese de doutorado, de 1924, encontra-se a seguinte afirmação a respeito das características ondulatória e corpuscular da matéria: Toda matéria apresenta características tanto ondulatórias quanto corpusculares, comportando-se de um ou outro modo dependendo do experimento específico. No entendimento de De Broglie, o modelo atômico de Bohr seria uma afirmação acerca da existência de ondas de matéria, pois uma onda circulando em volta de um núcleo somente poderia, por razões geométricas, ser uma onda estacionária.

Ainda em 1924, Bohr, Kramers e Slater publicaram um trabalho tentando solucionar a “contradição” entre os modelos ondulatório e corpuscular através do conceito de onda de probabilidade. A conclusão do trabalho não era correta, no entanto este era algo totalmente novo no universo da física, significando uma tendência em relação a algo, um estado intermediário entre a ideia de um evento e sua factualidade, ou ainda algo entre a possibilidade e a realidade. A onda de

probabilidade teria uma configuração multidimensional, diferentemente do modelo ondulatório tradicional de natureza tridimensional, constituindo-se como uma quantidade matemática abstrata. Assim, por volta de 1926, havia duas possibilidades de descrição do átomo: a hipótese de Schrödinger (derivada de De Broglie) na qual o átomo não seria um sistema contendo um núcleo e elétrons, mas um sistema contendo um núcleo e ondas de matéria, e a hipótese de Bohr, a qual considerava os dois modelos (ondulatório e corpuscular) como duas descrições complementares da mesma realidade. No entanto, para evitar contradições, havia limitações para o uso destes modelos, contradições estas representadas por relações de incerteza.

Em 1927, chegou-se a uma interpretação consistente da teoria quântica, conhecida como a interpretação de Copenhague, desenvolvida por Bohr e Heisenberg, e denominada como o Princípio da Incerteza. No universo quântico, as leis de causalidade não existiriam, pois as propriedades do tempo e do espaço não se aplicam a este universo, assim como também não se aplicam às leis de conservação da matéria, que não são válidas para as partículas elementares. De acordo com a interpretação de Copenhague sobre a teoria quântica, ondas e partículas não podem existir ao mesmo tempo, configurando-se como visões complementárias. As duas figuras (onda e partícula) são mutualmente exclusivas, já que um objeto não pode ser ao mesmo tempo partícula, ou seja, uma substância confinada em um volume muito pequeno, e onda, um campo espalhado em um grande espaço. No entanto, trabalhando com estas duas possibilidades de representação e intercambiando-as tem-se a correta impressão do tipo de realidade por detrás dos experimentos atômicos. Desta forma, o conceito de complementaridade se faz presente quando se afirma que o conhecimento da posição da partícula é complementar ao conhecimento de sua velocidade ou momento.

A ideia do Princípio da Incerteza, o qual afirma que a medição de fenômenos no nível quântico pode ocorrer apenas por meio de funções de probabilidade, pode-se basear em uma explicação óbvia, decorrente do fato de que não se pode ter certeza de algo que nossos órgãos sensoriais não são capazes de apreender. No entanto, segundo Heisenberg (*Op. Cit.*, p. 53) essa realidade deriva do fato de que as funções probabilísticas da mecânica quântica combinam elementos objetivos e subjetivos, contendo afirmações objetivas sobre

possibilidades ou tendências mais prováveis, que não dependem de nenhum observador. Por outro lado, afirmações sobre o conhecimento do sistema analisado são subjetivas pois podem ser diferentes para dois ou mais observadores distintos. Mais ainda, as incertezas do universo microscópico podem ser consideradas objetivas se encaradas como simples consequências descritivas nos termos da física clássica (não dependendo de nenhum observador). Elas também podem ser consideradas subjetivas devido ao nosso conhecimento incompleto do mundo em que vivemos.

Trazendo a discussão sobre o Princípio da Incerteza para o contexto acústico-musical, o matemático Norbert Wiener, referência frequentemente citada, entre outros, pelo compositor Horacio Vaggione em seus artigos, propôs, numa conferência ministrada em 1925 (com a intenção de contribuir para a superação das dificuldades encontradas na problemática da teoria quântica), a utilização da análise harmônica com a finalidade de modelizar os movimentos no nível quântico, através da soma de oscilações simples (em referência ao teorema Fourier). Partindo deste ponto, Wiener traça uma relação entre a física quântica e a música, buscando como referência inicial a análise de Pitágoras sobre as vibrações da corda do monocórdio. De modo geral, o movimento da corda de um instrumento musical é normalmente analisado como a combinação de movimentos harmônicos simples.

Na notação musical, temos a representação do som a partir de dois eixos, um horizontal, no qual temos a representação do tempo derivada de uma marcação metronômica, e um vertical, no qual temos a representação das alturas, divididas normalmente em semitons. O problema da notação musical, que para Wiener é uma simplificação da realidade acústica, reside no fato de que tanto o tempo quanto a frequência se referem a um dado temporal, já que ambos envolvem oscilações periódicas, uma da ordem de segundos (eixo horizontal) e outra da ordem de milissegundos (o eixo vertical das frequências):

O número de oscilações por segundo envolvido em uma nota, enquanto é uma afirmação em relação à frequência, é também a afirmação de algo distribuído no tempo. De fato, a frequência de uma nota e a sua duração interagem de uma maneira bastante complicada⁹ (WIENER, 1964, In: KAPEK, 1975, p. 544, tradução do autor).

⁹ The number of oscillations per second involved in a note, while it is a statement concerning frequency, is also a statement concerning something distributed in time. In fact, the frequency of a note and its timing interact in a very complicated manner (WIENNER, 1965, In: KAPEK, 1975, p. 544).

O ato de começar e de terminar a execução de uma nota envolve uma alteração da composição de sua frequência, devido à existência de transientes de ataque e de extinção. Estes transientes incluem parciais aperiódicos na composição do som, os quais tornam sua representação harmônica mais complexa. Wiener afirma que uma nota cuja duração é de um período finito de tempo deve ser analisada como um conjunto de movimentos harmônicos simples (oscilações), no entanto nenhum destes movimentos pode ser entendido como o único movimento simples presente naquele instante. A partir deste fato, ele conclui: “Precisão no tempo significa uma certa imprecisão na altura, assim como precisão na altura envolve uma indiferença no tempo”¹⁰ (WIENER, *Op. Cit.*, p. 545, tradução do autor). Essa propriedade pode ser observada nos sonogramas realizados pelos *softwares* descritores paramétricos de análise do áudio. Se, numa representação gráfica espectral, quisermos uma melhor representação frequencial, determinamos um tamanho de janela maior; se quisermos uma melhor representação temporal, determinamos um tamanho de janela menor (*window size*¹¹, tipo de segmentação temporal).

De acordo com esta conclusão sobre a impossibilidade de haver uma dupla certeza em relação ao tempo e à frequência no âmbito musical, Wiener propõe uma analogia deste acontecimento com a física quântica. De maneira geral, tanto na física quanto na música há uma diferença de comportamento, ou seja, uma descontinuidade em relação aos fenômenos na escala do macrotempo e nos fenômenos pertencentes à escala do microtempo. Assim, aproximação entre música e física quântica se torna evidente após a afirmação do Princípio da Incerteza de Heisenberg, no qual entende-se que se a posição de uma partícula é medida com precisão, sua velocidade somente pode ser medida de forma imprecisa, e vice-versa. Para Wiener, a dualidade entre tempo e frequência na música é análoga à dualidade entre posição e velocidade na física quântica.

¹⁰ Precision in time means a certain vagueness in pitch, just as precision in pitch involves an indifference to time (WIENER, *Op. Cit.*, p. 545).

¹¹ O tamanho de janela (*window size*) representa o número de *samples* (amostras) e uma duração, sendo o parâmetro principal de uma análise FFT (*fast Fourier transform*). O frequência fundamental depende do tamanho da janela, intensidade e mudanças do sinal. Seu tamanho é consequência dos princípios da série de Fourier e expressa em quantas bandas de frequência a janela de análise será dividida, a fim de determinar a resolução frequencial da janela. Desta feita, o tamanho da janela influencia nas resoluções temporal e frequencial da análise. (Fonte: Manual do *software* AudioSculpt, desenvolvido pelo IRCAM). Cf. <http://support.ircam.fr/docs/AudioSculpt/3.0/co/Window%20Size.html>

Para Stewart (1931), o Princípio da Incerteza em acústica é totalmente independente da origem do princípio de Heisenberg e está ligado ao tempo de percepção auditiva de um som em relação à sua frequência, fenômeno este variável. Frequências de 100, 500 e 1000Hz exigem um intervalo de tempo de, respectivamente, 1, 0.2 e 0.1 segundo para a sua percepção, ou seja, frequências mais graves exigem um tempo maior para a sua percepção. Estes valores são obtidos através da fórmula $\Delta t = 1/f$. No entanto, um grau de incerteza é adicionado à percepção das alturas quando há a presença do efeito de vibrato no som, um tipo de efeito de variação de amplitude. Gravações da voz humana com a presença do vibrato demonstram não apenas uma variação de intensidade mas também uma variação de frequência. Estas variações frequenciais se mantêm imperceptíveis se não ultrapassarem 7 ciclos por segundo (7Hz). Isto significa que se tal efeito for aplicado a um som de 60Hz ele pode se estender por uma banda de quase dois semitons sem ser detectado ou, se for aplicado a um som de 256Hz, o Princípio da Incerteza se estende por uma banda equivalente a meio semitom.

Denis Gabor também desenvolveu teorias e experiências embasadas nesta dualidade onda-corpúsculo presente na mecânica quântica, no entanto sua concepção buscava, de certa forma, um distanciamento da concepção ondulatória de Fourier. Gabor criou um novo método de descrição do som, segundo ele mais próximo da realidade da nossa percepção sonora, método este que tratou de unir os outros dois métodos até então comumente empregados para esta finalidade: a descrição do sinal acústico em função do tempo e a análise de Fourier. O primeiro método (temporal) opera a partir de instantes de tempo definidos, e o segundo, ondulatório, opera a partir de sequências de ondas infinitas que possuem frequências definidas. O método de Fourier, de acordo com Gabor, apresenta uma contradição intrínseca pois o termo “frequência”, no sentido matemático, apenas se refere a sequências de ondas infinitas, o que não seria o caso dos sons que normalmente ouvimos, os quais possuem um início e um fim.

Tal como os adeptos de uma visão corpuscular da luz, ou seja, de que um raio de luz é formado por uma textura granular descontínua, Gabor, por analogia, apresentou a hipótese de que o som é composto de inúmeros quanta de informação, descritos pelas variáveis intercambiáveis de tempo e frequência. Sugeriu ainda, para uma melhor interpretação de seu modelo, uma fundamentação teórica baseada na

Teoria da Informação¹². Dessa forma, a totalidade do sinal sonoro foi dividido em “células”, as quais seriam “sinais elementares”, que transmitiriam exatamente um dado de informação (quanta). Qualquer sinal sonoro poderia ser dividido em inúmeros sinais elementares, sendo que a totalidade da representação destas células corresponderia à totalidade da área audível, em relação às variáveis tempo e frequência. A intensidade destes quanta acústicos de informação seriam indicados por sua coloração, de acordo com uma escala representativa: quanto mais escuras fossem as células, maior intensidade sonora elas possuiriam (GABOR, 1945, p. 435). A seguir, apresentamos duas figuras, a primeira contendo a representação da totalidade do sinal acústico, além da sua divisão em diversos quanta de informação. Na segunda, apresentamos três representações diferentes do mesmo sinal sonoro (representações temporal, espectral e diagrama de informação) sinal este obtido através de um processo de modulação de frequência.

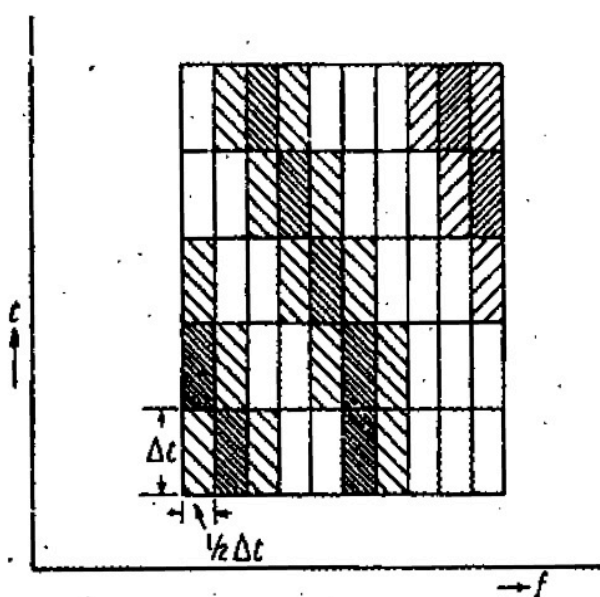


Fig. 1: Representação de um sinal a partir de unidades de quanta acústico (GABOR, 1946, p. 435)

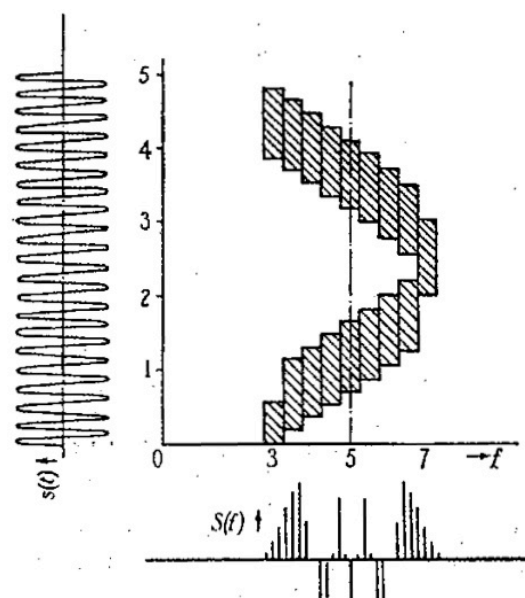


Fig. 2: Três representações de uma modulação de frequência de um sinal sonoro (*Op. Cit.*, p. 438)

Na Fig. 1 temos uma representação do sinal sonoro por quanta de informação, sinal dividido em células que representam uma pequena parte da área audível. No eixo Y temos representada a variação temporal, sendo que cada célula possui o mesmo intervalo de tempo (Δt). No eixo X, temos representada a variação

¹² A teoria da informação é um ramo da ciência e da matemática que estuda as propriedades da informação, em termos de quantificação, transmissão e armazenagem. Foi proposta originalmente por Claude E. Shannon no artigo “A Mathematical Theory of Communication” (1948).

frequencial, sendo que o espaço frequencial de cada célula corresponde à metade de Δt ($1/2 \Delta t$). Por esta razão, se por exemplo determinamos que cada célula possui uma duração de 20ms ($\Delta t = 0.02s$), podemos inferir, se o espaço das células em relação às frequências corresponde à $1/2\Delta t$, que o espaço frequencial de uma célula corresponde à uma frequência cujo período é 0,01s ($T = 1/2 * 0,02$), ou seja, um período de tempo equivalente à frequência de 100Hz.

Na Fig. 2 temos três representações diferentes de um mesmo sinal sonoro. A primeira representação, à esquerda, é em função do tempo - $s(t)$. Nesta representação, pode-se afirmar que a intensidade deste sinal é constante (pois ele apresenta sempre a mesma amplitude, a qual estaria relacionada a eixo Y imaginário), assim como sua frequência. Se houvesse variações frequenciais, o tamanho dos períodos seria diferente, sendo que quanto maior o período, mais grave é a frequência (maior duração e valor mais baixo, em Hz) e quanto menor for o período, mais aguda é a frequência (menor duração e valor em Hz mais alto).

A segunda representação, abaixo, é uma representação espectral (frequência X intensidade). O eixo X se refere aos parciais do sinal sonoro analisado sendo que as frequências positivas estão em fase, e as negativas, fora de fase (num plano de 360 graus). O eixo Y, por sua vez, se refere à intensidade dos parciais representados. A terceira representação, um diagrama de informação, pode ser interpretada de maneira similar à representação da Fig. 1, em que temos as frequências no eixo X e o tempo no eixo Y. Nesta representação, todas as células possuem a mesma intensidade. Estas células se deslocam, em relação ao tempo, inicialmente em direção às frequências mais agudas. A partir de 2,5s o sinal sonoro faz um movimento contrário, em direção ao grave, chegando à frequência inicial em 5s.

Em seu artigo “Problemas sonoros estatísticos e psicológicos da música eletrônica”, de 1954 (In: MENEZES, 2009), Meyer-Eppler nos propõe a ideia de modulação aleatória, uma espécie de fusão entre os processos de modulação de amplitude e modulação de frequência, considerando os parâmetros sonoros de altura, intensidade e duração. Este processo consiste na modulação de uma oscilação portadora periódica, por exemplo uma oscilação senoidal, por uma oscilação aleatória de frequências inferiores a 100Hz, obtida através de um gerador de ruídos que possua um filtro passa-banda cuja banda de passagem não ultrapasse 10Hz. Esta oscilação aleatória, portanto, variará em termos de frequência

e de intensidade. Segundo Meyer-Eppler, a modulação aleatória permite um acesso ao universo sonoro dos “ruídos”, dos sons sem altura definida, pois quanto mais ampla for a banda de frequência determinada para a oscilação modulatória, além da variação de amplitude, mais o resultado sonoro da modulação se aproximará do ruído. A “incerteza” deste processo se dá na obtenção de alguns fenômenos acústicos imprevistos, decorrentes das variações aleatórias realizadas pela onda modulante, as quais apenas limita-se as bandas de variação.

Pensamos que é importante, a fim de fundamentar nosso pensamento em relação ao fenômeno musical, ter apresentado um histórico a respeito da mecânica quântica e da dualidade ondulatória e corpuscular dos fenômenos luminosos e sonoros, os quais podem ser relacionados por analogia, ou seja, em relação às operações realizadas a partir destes fenômenos. O pensamento, a construção e a análise do som como uma energia que nasce, se desenvolve e se extingue dentro de uma determinada duração nos dá diferentes fundamentações tanto para o trabalho de análise de obras como também para o trabalho de criação musical.

Na origem desta dualidade entre ondas e partículas residem diferentes visões de mundo. A primeira visão é a da continuidade da matéria e dos fenômenos temporais; a segunda visão é a da descontinuidade do mundo e de seus fenômenos espaço-temporais. Este debate remonta a um passado remoto, e, ao que tudo indica, não há razão para que ele se extinga. Por sua vez, no universo musical, o Princípio da Incerteza, entre outras questões, resulta na impossibilidade da determinação precisa das variáveis tempo e frequência, algo que pode ser especialmente percebido quando trabalhamos com *softwares* de análise e representação sonora, ou mesmo ter total controle do resultado em relação a operações de síntese, sejam elas eletrônicas ou instrumentais. A representação gráfica do espectro sonoro não é fixa nem imutável, podemos enfatizar uma representação mais detalhada frequencial ou temporalmente, através da determinação do tamanho da janela de amostragem, de acordo com nossas necessidades.

A seguir, destrincharemos os mecanismos de composição do som dentro do universo microtemporal, abordando os modelos de construção/decomposição do som ondulatório e granular. Nossa hipótese é de que estes dois modelos são metaforicamente complementares, além de um possível ponto de partida para a criação musical, seja no universo instrumental acústico, seja no universo

eletroacústico, ou ainda na intersecção destes dois universos, a música mista. Apresentaremos, também, nossa hipótese da complementaridade dos métodos ondulatório e granular em relação à construção ou análise sonora, dualidade esta exposta de forma mais precisa no século XX, a partir das noções de tecnomorfismo e síntese instrumental.

1.2 Tecnomorfismo e síntese instrumental

A fim de propormos uma igualdade hierárquica entre a escrita instrumental e a escrita eletroacústica - no caso da escrita eletroacústica consideramos a definição de valores para as variáveis dos tratamentos utilizados, assim como os valores de interpolação entre estes tratamentos (Cf. VAGGIONE, 1994) - buscamos como referência o conceito de tecnomorfismo em música (WILSON, 1989; FERRAZ, 1999; SÈDES, 2000; CATANZARO, 2003), conceito este que está intimamente ligado à prática da música espectral dos anos 1970, assim como ao conceito de síntese instrumental (GRISEY, 1979, 1991, In: GRISEY, 2008). Em relação à questão da igualdade hierárquica, trataremos da correspondência metodológica entre os processos empregados na música eletroacústica e sua possível simulação na escrita instrumental. Ademais, aplicaremos os conceitos de tecnomorfismo e síntese instrumental nas análises musicais apresentadas, assim como nos procedimentos composicionais das peças compostas e incluídas nesta tese.

O termo tecnomorfismo é utilizado para definir a maneira conforme a qual a tecnologia influenciou (e continua a influenciar) a criação artística ao longo dos séculos XX e XXI. No domínio musical, podemos afirmar que a noção de tecnomorfismo representa a intenção de simular procedimentos da música eletroacústica (realizada em estúdio) na música instrumental acústica. Peter Nicklas Wilson, em seu artigo “Vers une écologie des sons” (1989, pp. 62 – 63), utiliza esse termo dentro de uma análise da obra *Partiels* (1975) de Gérard Grisey. Segundo Wilson, em *Partiels*, Grisey distribui um processo de modulação em anel em 9 etapas (cifras 12 a 21), tal como uma escala de diferentes graduações temporais dentro da qual este processo é realizado. Para explicá-lo, Wilson faz uso das seguintes palavras:

Grisey aplica aqui um procedimento cuja origem técnica é ainda mais evidente: a modulação em anel. Este procedimento se fundamenta no fato de dois sons ouvidos simultaneamente, comportando as frequências a e b , fazem aparecer sons resultantes, dentre os quais o primeiro som diferencial (já observado por Tartini) do primeiro grau, com a frequência $b - a$, é geralmente o mais audível. Estes sons resultantes, diferenciais ou de adição (calculáveis a partir da adição das frequências de base), não têm grande importância dentro da música instrumental convencional, já que eles somente são perceptíveis sob certas condições. Mas o procedimento da modulação em anel, praticado no estúdio eletrônico, faz claramente aparecerem os sons diferenciais, praticamente suprimindo inteiramente as frequências de base a e b .

Construindo sua segunda sessão (da obra *Partiels*) a partir deste princípio, Grisey importa então para dentro da música instrumental uma sonoridade que se tornou, no entanto, quase um clichê da música eletrônica: nova técnica de simulação, mas esta vez mais tecnomórfica que biomórfica¹³. Estes sons resultantes são certamente fenômenos naturais, mas eles se tornam isoláveis e analisáveis somente em estúdio: a natureza dos sons que formam um modelo para Grisey fazem referência à uma *natureza morta*, ou ao menos uma natureza acessível unicamente pelos aparelhos eletrônicos (WILSON, 1989, pp. 62 - 63, tradução nossa)¹⁴.

A seguir, apresentamos uma redução esquemática desta passagem, presente no artigo abordado. Na Fig. 3 as relações diferenciais são indicadas por uma linha contínua, enquanto que as relações espectrais (decorrentes da série harmônica) são indicadas por uma linha pontilhada. Em círculo, encontramos o número dos parciais em relação à frequência fundamental. Caso os sons diferenciais se situem abaixo de 20Hz (limite inferior da percepção auditiva), Grisey transforma a escrita de alturas em uma escrita rítmica que representa a frequência encontrada. No exemplo abordado, uma frequência de 8Hz é representada ritmicamente por uma

¹³ Wilson se refere aqui também à prática do biomorfismo, a utilização da respiração como metáfora para a construção da forma global da obra, através de momentos de inspiração (tensão) e expiração (relaxamento), tipo de estruturação já utilizada por Grisey na composição de *Périodes* (1974). A metáfora do biomorfismo será também abordada em nosso trabalho, mas com uma importância secundária.

¹⁴ Grisey emploie ici un procédé dont l'origine technique est encore plus evidente: celui de la modulation en anneaux. Celle-ci se fonde sur le fait que deux sons entendus simultanément, comportant les fréquences a et b , font apparaître des sons résultants, dont le premier son différentiel (déjà observé par Tartini) du premier degré, avec la fréquence $b - a$, est généralement le plus audible. Ces sons résultants, différentiels ou d'addition (calculables à partir de l'addition des fréquences de base), sont sans grande importance dans la musique instrumentale conventionnelle, puis qu'ils ne sont perceptibles que sous certaines conditions. Mas le procédé de la modulation en anneaux, pratiqué dans le studio électronique, fait clairement apparaître les sons différentiels tout en supprimant presque entièrement les fréquences de base a et b .

En construisant sa seconde section à partir de ce principe, Grisey importe donc dans la musique instrumentale une sonorité devenue entre temps quasiment un cliché de la musique électronique: nouvelle technique de simulation, mais cette fois-ci plutôt technomorphe que biomorphe. Ces sons résultants sont certes des phénomènes naturels, mais ils restent isolables et analysables seulement en studio: la nature des sons qui forment un modèle pour Grisey font référence à une *nature morte*, ou du moins une nature accessible uniquement par les appareils électroniques (WILSON, 1989, pp. 62 - 63).

quiáltera de dez semicolcheias, apresentando uma pulsação de semínima igual a 104 (pentagrama da percussão). Observamos também que a subtração das frequências 208 e 147Hz referentes às alturas Sol \sharp 3 e Ré 3 geram a altura Si 1 (61Hz), presente no segundo compasso. O Sol \sharp 3 (208Hz), por sua vez, é o terceiro parcial da altura Dó \sharp 2(69Hz), da mesma forma que o Ré \sharp 4 (622Hz) e o Lá 4 (440Hz) são o terceiro parcial do Sol \sharp 3 e do Ré 3 (147Hz), respectivamente. Por fim, as alturas Fá \sharp 3 (182Hz) e Si \flat 3 (232Hz) são sons diferenciais decorrentes das operações 622Hz – 440Hz e 440Hz – 208Hz.

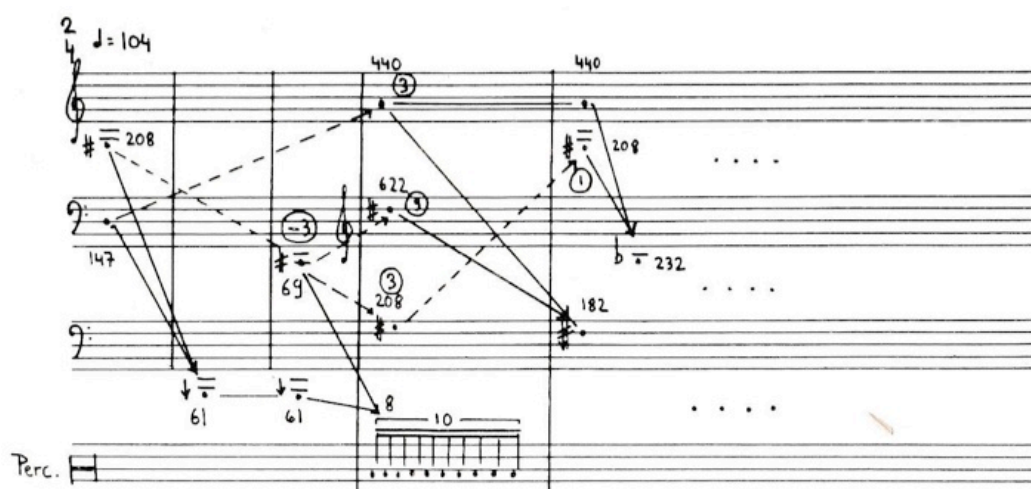


Fig. 3: Esquema do procedimento de modulação em anel utilizado por Grisey em *Partiels* (WILSON, 1989, p. 64)

Tendo em vista esta noção de tecnomorfismo apresentada, a aplicaremos em relação a procedimentos ondulatórios e granulares enquanto modelos distintos de representação do som. Partimos da hipótese de que a escrita instrumental atingiu novas possibilidades a partir do advento da música eletroacústica, em linhas gerais, desde o advento da música concreta do Estúdio do Paris (a partir do final dos anos 1940) - realizada a partir de sons gravados e transformados a partir de equipamentos de estúdio - da música eletrônica do Estúdio de Colônia (a partir do início dos anos 1950), realizada a partir de processos de construção do timbre a partir da sobreposição (síntese aditiva) de sons senoidais.

O conceito de síntese instrumental está diretamente ligado à noção de tecnomorfismo (a síntese instrumental é um tipo de tecnomorfismo) e aos avanços tecnológicos do século XX que possibilitaram o desenvolvimento de diversos tipos de síntese eletrônica do som. A partir dos avanços da acústica musical e da síntese sonora, a escuta do “interior” do som se tornou algo mais próximo de compositores,

intérpretes e, por consequência, dos ouvintes. Isto se deu, entre outras razões, pela possibilidade eletrônica de se estirar a duração dos sons, facilitando a exploração de seu interior.

De acordo com Grisey (“A propos de la synthèse instrumentale”, 1979, In GRISEY, 2008, pp. 36 - 37) somente através da síntese instrumental e da síntese eletrônica é possível ter acesso à dimensão interna do som. A diferença entre estes dois tipos de síntese reside no fato de que na síntese instrumental são os instrumentos musicais que executam os parciais do som (gerando, desta maneira, uma nova série de parciais, por vezes idênticos aos do som inicial, por vezes diferentes) enquanto que, na síntese eletrônica, a fonte em si mesma já é uma microsíntese (em que agrupamos os parciais de acordo com determinado método ou ordenação). Grisey associa a síntese instrumental à criação de formas sonoras (no sentido da Teoria da forma) que seriam organizadas em uma escala linear de possibilidades compreendidas entre um espectro de parciais harmônicos e o ruído branco - os dois extremos desta disposição - passando por diferentes gradações de espectros formados por parciais inarmônicos.

Ainda de acordo com Grisey, tecnicamente, a síntese instrumental seria um tipo de escrita musical acústica que sintetiza espectros sonoros mais ou menos complexos, articula seus transientes de ataque e extinção, efetua transições imperceptíveis entre os diferentes graus da escala de formas sonoras (timbres) utilizadas e enfatiza os sons resultantes diferenciais ou adicionais (sombra do som), utiliza os batimentos produzidos pelos sons diferenciais como ideia rítmica, as defasagens como fonte melódica e os efeitos de filtragem e reverberação como um tipo de aproximação e distanciamento do espectro tocado, semelhante ao efeito zoom de uma câmara. Todas estas técnicas de escrita musical enumeradas partem do pressuposto de que a realidade sonora é contínua, apresentando uma linearidade que vai desde o interior do som até as grandes formas musicais.

Dentre os procedimentos da síntese instrumental mencionados acima, há duas ideias que destacamos (GRISEY, 1991, In: GRISEY, 2008). A primeira é aquela que diz respeito aos *graus de mudança* (*degrés de changement*), ideia que Grisey, como ele próprio sinaliza, adaptou do conceito homônimo de Stockhausen (*Veränderungsgrad*), com o objetivo de promover mudanças graduais do timbre em suas obras (descrito em detalhes no Capítulo II). A segunda ideia a ser ressaltada é o que Grisey denominou de *sombra do som*. A sombra do som seria o conjunto de

sons diferenciais e adicionais produzidos tanto no interior de um espectro sonoro isolado quanto entre dois sons ouvidos simultaneamente. Esta ideia está ligada a uma possível noção de “profundidade do som” obtida através, por exemplo, da simulação de efeitos de filtragem e reverberação, ideia evocada anteriormente por Giacinto Scelsi em suas obras. Grisey, poeticamente, afirma que “compor com a sombra dos sons, é imaginar uma orquestração que ilumina os campos de profundidade nos quais se ativam os diferentes timbres”¹⁵ (GRISEY, “Structuration des timbres dans la musique instrumentale, 1991, *In: Op. Cit.*, 2008, p. 104, tradução nossa).

Na última página da partitura de sua obra *Périodes* (1974), Grisey propõe um espécie de abertura de sua obra seguinte, *Partiels* (1975), ambas construídas a partir do espectro da nota Mi 1 (41Hz), executada pelo trombone. Os componentes deste espectro, cuja aproximação em relação às alturas musicais se deu em quartos e oitavos de tom, foram orquestrados para sete instrumentos em *Périodes* e para dezoito instrumentos em *Partiels*. Em *Partiels*, o espectro é repetido diversas vezes, porém com pequenas alterações graduais, num ambiente em que os parciais se dirigem pouco a pouco para uma distribuição mais inarmônica. De maneira prática, os transientes de ataque, em cada repetição, possuem uma duração maior, enquanto que os transientes de extinção tendem a uma duração menor. As mudanças dos componentes do espectro, as mudanças de timbre de cada parcial e dos eventos transitórios constituem os graus de mudança entre um estado de evolução espectral e o seguinte. Nas figuras a seguir apresentamos o espectro do trombone utilizado por Grisey além da evolução dos timbres presentes na obra, divisão esta em cifras (de 1 a 11). Na Fig. 4 apresentamos a análise do espectro da nota Mi 1 (41Hz), análise esta a qual o compositor utiliza como material para a composição da obra.

Na Fig. 5 temos uma representação espectral fora-do-tempo¹⁶ das onze primeiras cifras de *Partiels*. Nesta representação podemos observar a evolução

¹⁵ “Composer avec l'ombre des sons, c'est imaginer une orchestration qui met en lumière les champs de profondeur dans lesquels s'activent les différents timbres” (GRISEY, *Op. Cit.*, p. 104).

¹⁶ “Fora-do-tempo” (*hors-temps*) e “no-tempo” (*en-temps*) são categorias temporais ligadas à composição musical, cunhadas por Iannis Xenakis. A categoria fora-do-tempo se refere às abstrações, cálculos, estruturas, regras, etc. criados durante o processo composicional. A categoria no-tempo está ligada à transposição de todas estas abstrações para a linguagem musical, dando a elas uma ordenação no tempo (ritmos, harmonias, escalas, acordes, séries, etc.). Xenakis ainda define uma terceira categoria, denominada “temporal” (*temporel*), que se refere à factualização temporal da

gradual dos espectros apresentados pelo compositor, que paulatinamente tendem à inarmonia. Nota-se que a altura fundamental (Mi 1) e os primeiros parciais (Mi 2, Si 3, Sol# 4 e Ré 5) se mantêm sempre presentes, ao passo que os parciais mais distantes são alterados gradualmente. Destacamos também que, apesar das alturas serem mantidas constantes ao longo das cifras, quando as cifras se alteram há sempre uma alteração na orquestração.

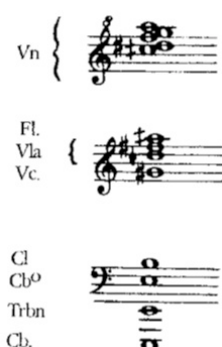


Fig. 4: Espectro proveniente da análise do Mi (41Hz) de um trombone (GRISEY, *Op. Cit.*, p. 93)

Fig. 5: Graus de mudança em *Partiels*, cifras 1 a 11, baseado em (GRISEY, *Op. Cit.*, p. 92)

Na Fig. 6, por sua vez, apresentamos a página 9 da partitura de *Partiels*, referente à orquestração e à escrita no-tempo das cifras 8 e 9 apresentadas na figura anterior. É importante também observar que, além das diferenças de utilização de parciais e de orquestração entre as cifras, Grisey também faz uso de diferentes

técnicas instrumentais estendidas em sua escrita musical. Estas diferenças de escrita, da mesma forma, resultam em diferentes sonoridades, além de promoverem mudanças graduais no timbre resultante.

Fig. 6: Página 17 da partitura de *Partiels* (1975), referente à orquestração das cifras 8 e 9 (*Op. Cit.*, p. 93)

Em relação às três figuras apresentadas, a Fig. 4 representaria o início da concepção da obra, definição das alturas a serem utilizadas, numa representação totalmente fora-do-tempo. A Fig. 5 já é um esquema bem mais elaborado que apresenta o início de um pensamento temporal organizado através de uma direcionalidade que vai do harmônico ao inarmônico, organizada através da ordenação dos espectros e suas respectivas orquestrações através de cifras. No entanto, este esquema é ainda algo incompleto se comparado à realização final da partitura (Fig. 6), realização esta combina todos os elementos apresentados nas

figuras anteriores com a instrumentação das alturas e a utilização de técnicas estendidas relativas a cada instrumento. Temos ainda na partitura uma temporalização mais detalhada (ainda que apenas sobre o papel) dos momentos de entrada e saída de cada elemento imaginado pelo compositor, assim como a presença de uma direcionalidade gradual irreversível relativa à interpolação das cifras relativas à ideia de grau de mudança. Nos próximos itens apresentaremos as ideias relacionadas e as implicações composicionais (eletroacústicas e instrumentais) ligadas à definição dos paradigmas sonoros ondulatório e granular.

1.3 O paradigma ondulatório

O paradigma ondulatório é da ordem do contínuo, situando-se dentro de uma visão na qual um som pode ser composto ou decomposto em uma superposição de parciais. Temos, no século XIX, a partir do advento da psicoacústica integrando um ramo da ciência moderna, a realização de uma série de experimentos envolvendo uma investigação a respeito do fenômeno sonoro, tanto do ponto de vista da sua constituição física acústica como também do ponto de vista da percepção deste fenômeno pelo aparelho auditivo humano. Neste período, especificamente na Alemanha onde ocorreu inicialmente o nascimento da psicoacústica, temos a emergência de duas visões diferentes acerca da percepção da altura do som, bem como sua constituição ligada ao paradigma ondulatório: os modelos teóricos propostos por Hermann Von Helmholtz (1875) e August Seebeck (1842).

Notadamente o modelo psicoacústico de Helmholtz teve maior aceitação e foi largamente difundido ao longo dos séculos XIX e XX, tendo como bases epistemológicas o Teorema de Fourier e a Lei Acústica de Ohm. No entanto, experimentos realizados ao longo do século XX tais como, entre outros, aqueles realizados por J. F. Schouten (1938), Werner Meyer-Eppler (1954) e Ernst Terhardt (1971) confirmam a pertinência dos experimentos realizados por Seebeck, através dos quais se observou a existência do fenômeno conhecido como *altura periódica* (*periodicity pitch*) que, no século XX, passou a ser conhecido como *altura residual* (JONES, 2011). Iniciaremos nossa abordagem a respeito do paradigma ondulatório apresentando a Teoria Acústica e Psicoacústica de Helmholtz e, logo a seguir,

abordaremos as contribuições de Seebeck, além do aprofundamento de suas ideias através das novas aquisições propostas por pesquisadores ao longo do século XX, tais como Schouten.

Como mencionamos, dentro da Teoria Acústica de Helmholtz, uma das bases epistemológicas adotadas é o modelo científico de Fourier, cuja lei afirma que qualquer forma de vibração regular e periódica pode ser considerada como a soma de vibrações pendulares, cujas durações são uma, duas, três, quatro (etc.) vezes maiores do que a frequência do movimento referido (no caso do som, o som fundamental). Essa teoria aborda exclusivamente as alturas musicais (*musical tones*), ou seja, sons cuja relação entre os parciais se dá de acordo com uma proporção¹⁷ estabelecida de acordo com a série harmônica, a qual é bastante conhecida dos músicos em geral (Cf. HELMHOLTZ, 1954 [1875], Capítulos II, III e IV). Helmholtz não inclui em sua teoria os transientes de ataque, mesmo os presentes nos sons musicais, tampouco os ruídos em geral, justamente porque o objetivo era analisar os componentes estacionários do som.

A definição do timbre de uma altura musical, tal como proposto por Helmholtz, afirma que as alturas são produzidas pela vibrações periódicas exatas do ar, excluindo suas vibrações irregulares, as quais são classificadas como ruídos. O movimento do ar correspondente a uma altura musical dada pode ser decomposto em uma soma de vibrações pendulares, as quais diferem entre si em amplitude, mas também em sua posição relativa, ou seja, a sua diferença de fase. A posição relativa de duas ondas (parciais) proporciona diferentes impressões no sistema auditivo (HELMHOLTZ, 1954, p. 119 - 120). Na Fig. 7 temos uma representação gráfica do som de acordo com Helmholtz, considerando sua decomposição em parciais e a diferença de fase entre eles. Os pontos a1, a2, b1, b2, c1, c2, d1 e d2 mostram as diferenças de fase envolvidas entre os quatro parciais apresentados. Os outros dois pontos marcados no início do segundo período dos parciais A e B apresentam uma coincidência de fase entre si.

¹⁷ Os dez primeiros parciais de um som musical a partir de um determinado som fundamental e suas proporções, de acordo com a série harmônica são as seguintes : som fundamental, oitava (2/1), quinta (3/2), oitava (4/2), terça (5/4), quinta (6/4), sétima menor (7/4), oitava (8/4), nona (9/8) e décima (10/8).

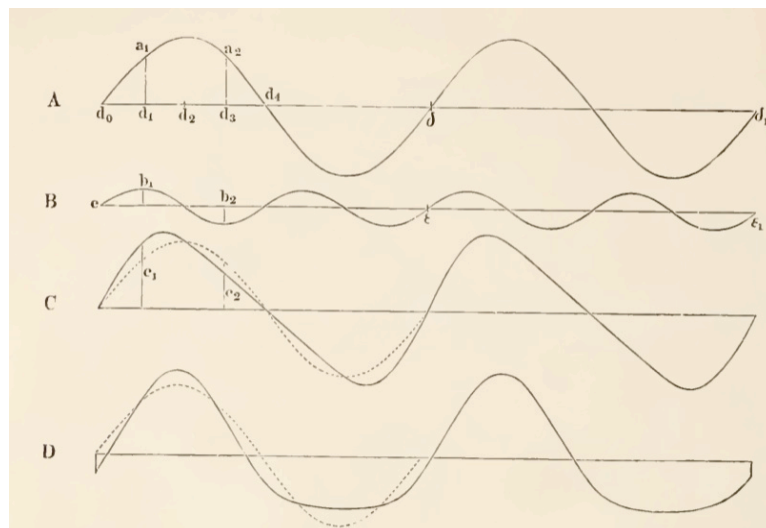


Fig. 7: Decomposição de um som musical em relação a seus parciais e diferenças de fase (HELMHOLTZ, 1954 [1875], p. 120)

Além dos elementos que compõem fisicamente uma altura musical, Helmholtz investigou como ocorre a percepção destes mesmos sons pelo ouvido, tendo como referência os experimentos realizados por Georg Simon Ohm, em 1843. Segundo Helmholtz, o ouvido decompõe um som musical complexo (que apresenta inúmeros parciais sobrepostos) em elementos senoidais simples, sendo que nosso sistema auditivo recebe a sensação de cada um deles. De acordo com este modelo, cada vibração simples seria sentida apenas por determinada terminação nervosa, ou seja, alturas diferentes excitam terminações nervosas diferentes. Por esta razão, a percepção do timbre depende da quantidade, da altura, da intensidade e da posição relativa dos parciais. (HELMHOLTZ, *Op. Cit.*, p. 147 - 48). Antes de atingir o ouvido, o som se propaga na atmosfera em todas as direções, tal como esferas que, na medida em que se propagam, se tornam cada vez maiores, O movimento do ar decorrente da propagação do som é descrito pela Lei Acústica de Ohm, a qual afirma que todo movimento do ar, correspondente a uma massa de ar composta se decompõe em uma soma de vibrações simples, pendulares, sendo que cada um destes sons simples é percebido pelo ouvido, e sua altura é determinada pela duração da vibração correspondente (HELMHOLTZ, *Op. Cit.*, p. 44; OHM, 1843).

Dentro do modelo de Helmholtz, a explicação fisiológica da percepção das alturas é imaginada tal como se nosso ouvido realizasse uma análise espectral do som percebido em que o parcial mais grave é responsável por sua altura. August Seebeck em seus experimentos com uma sirene, datados de 1841, não observou este fenômeno. Em seus experimentos, Seebeck notou a existência de um outro

fenômeno, por ele chamado de *altura periódica* (*periodicity pitch*), em sons formados por uma superposição de parciais. A altura periódica se refere ao fato de que, mesmo se retirarmos a frequência fundamental de um determinado som, continuamos a percebê-lo como possuindo a mesma altura. Ele então concluiu que não é apenas a frequência fundamental determina a altura de um som, mas também a disposição proporcional de seus harmônicos superiores (JONES, 2011).

Em seu artigo de 1938, “The Perception of Subjective Tones”, J. F. Schouten mostrou que a conclusão de Seebeck a respeito eliminação da frequência fundamental e sua correspondência com os harmônicos era correta, servindo de referência para a sua Teoria da Altura Residual (*Residue Theory of Pitch*) (SCHOUTEN, 1940a, 1940b). Para Schouten, a Lei Acústica de Ohm é aplicável somente para os parciais mais graves de um som periódico; os parciais mais agudos não podem ser percebidos separadamente, mas sim coletivamente como amálgama. Os parciais superiores se fundem numa única estrutura chamada de “resíduo”, cuja altura é igual à frequência fundamental relativa. Para muitos sons, especialmente aqueles ricos em parciais, o ouvido não realiza nenhuma análise espectral a fim de que as qualidades relativas à sua altura sejam reveladas, percebendo-os principalmente através da fusão de seus parciais. Nestes casos, o resíduo é o seu componente principal e apenas uma pequena parte de seus parciais é percebida separadamente.

As fibras nervosas pertencentes ao mecanismo da audição transmitem dois tipos de mensagens em relação à detecção da altura e da intensidade de um som. Elas transmitem uma mensagem quantitativa determinando o nível de excitação correspondente à variação de pressão do ar e também uma mensagem qualitativa que depende da qualidade da excitação de um receptor específico, a qual determina a percepção da altura. A altura, portanto, não é determinada pelo local de excitação da membrana, mas sim pela qualidade desta excitação.

Ainda de acordo com Schouten, todos a parciais ao redor do décimo e até por volta do vigésimo são ouvidos como um componente da frequência fundamental. Isto significa que num som cuja frequência fundamental é 200Hz, todos os parciais entre 2000 e 4000Hz tendem a ser ouvidos como uma única estrutura em que parciais se fundem. Os primeiros parciais tais como a oitava, quinta, quarta, etc. excitam bandas estreitas de receptores divididos em regiões em que a resposta é comparativamente pequena, receptores estes que respondem quase que de

maneira exclusiva a estes parciais. Para os parciais mais agudos, que normalmente, se configuram de maneira mais próxima entre si, os receptores são excitados por diversos parciais ao mesmo tempo. Como consequência, estes receptores não realizam uma oscilação senoidal, mas são modulados tal como uma onda complexa que se mostra periódica à totalidade da forma de onda em questão. Este fenômeno é observado na Fig. 8 onde temos a resposta de um conjunto de ressonadores afinados a uma oscilação periódica de um som.

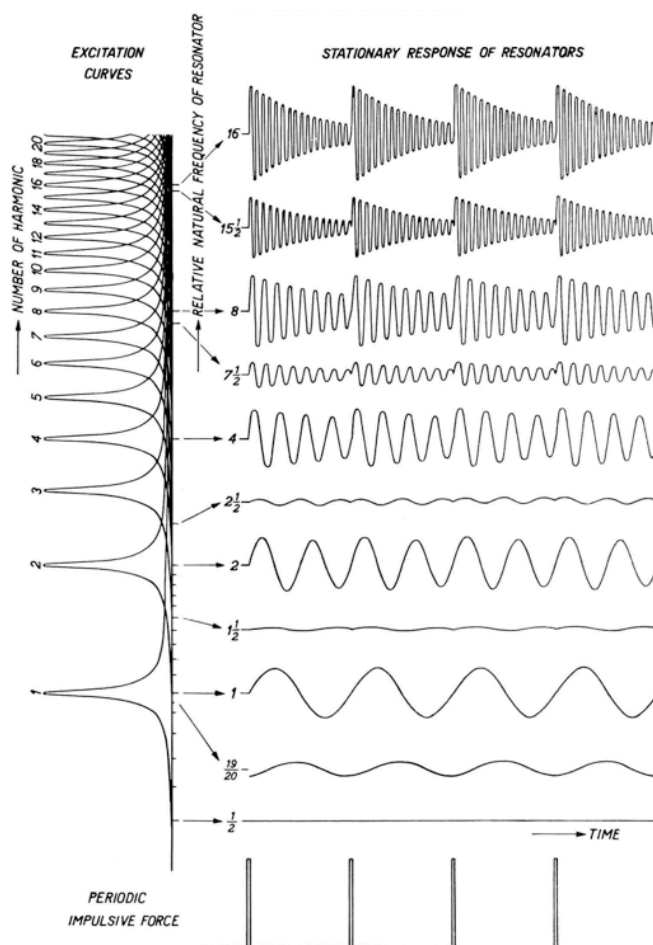


Fig. 8: Resposta ao impulso de um conjunto de filtros ressonadores (SCHOUTEN, 1940a, p. 995)

Na Fig. 8, do lado esquerdo de maneira vertical, temos a representação temporal de um som periódico, em que é possível visualizar a oscilação de seus parciais, do primeiro ao vigésimo. Do lado direito, de maneira horizontal, temos a oscilação periódica dos ressonadores, que correspondem à frequência dos diversos parciais deste som. Na região frequencial mais grave os ressonadores respondem exclusivamente a parciais de forma separada (1, 2, 3, etc.). Estas regiões, que apresentam uma excitação bastante forte são separadas em regiões intermediárias

(1/2, 1.5, 2.5, 7.5), nas quais a excitação é muito fraca. Na resposta das regiões relativas aos parciais agudos, a partir do oitavo parcial, os ressonadores apresentam uma periodicidade igual à frequência fundamental. Desta observação se deriva o fenômeno da altura periódica, observado por Seebeck um século antes. Assim, Schouten concluiu que a decomposição do som em parciais isolados, tal como enunciava a Lei Acústica de Ohm, refere-se exclusivamente aos parciais mais graves que apresentam diferenças de oscilação em relação à frequência fundamental. Aqueles outros parciais mais agudos que são periódicos em relação a esta frequência são amalgamados e percebidos como uma única estrutura. Schouten (*Op. Cit.*, p. 996), ainda realça que sua interpretação a respeito da altura residual supõe que o resíduo é a percepção de um componente em separado, formado pelos batimentos dos parciais superiores. Esta observação ainda é relacionada a Thomas Young e Tartini que também supuseram que os batimentos de duas alturas puras podem ser ouvidos como uma altura separada. Na medida em que a frequências destes batimentos aumenta, elas tendem a coincidir e, por consequência, fundir-se com os outros parciais deste mesmo som.

Outros pesquisadores ao longo do século XX ainda expandiram as propriedades relacionadas à percepção da altura. Werner Meyer-Eppler, em seu artigo de 1954 (*Op. Cit.*), definiu o que ele entende como a *tripla qualidade da altura sonora*. A primeira qualidade seria a altura absoluta de um som, correspondente à sua frequência; a segunda qualidade seria o croma, ou seja, a distribuição das alturas (em semitons, quartos de tom ou outros tipos de distribuição) que se repete ciclicamente no interior de cada oitava (até frequências de cerca de 4500Hz); a terceira qualidade seria o altura residual. Meyer-Eppler ainda notou a existência de um quarto fenômeno, denominado por ele altura *formântica* (*formant pitch*). Se, num experimento que visa a detectar a altura periódica (residual) de um determinado som, a nota contínua e mutilada (sem a fundamental) for interrompida por aproximadamente um segundo, quando esta volta a soar a sensação percebida é completamente alterada. Ao invés da altura residual, percebe-se um novo som cuja altura se refere aos parciais remanescentes que apresentam maior intensidade. Esta nova estrutura percebida é a altura formântica.

Mais recentemente temos as pesquisas conduzidas por Ernest Terhardt (1971, 1974) em relação à percepção das alturas em que foram definidas, entre outras propriedades, os termos de *altura virtual* (*virtual pitch*) e *altura espectral*

(*spectral pitch*) correspondentes às teorias propostas por Seebeck, Ohm e Helmholtz. O primeiro termo corresponderia à altura periódica de Seebeck, na qual um som é percebido de maneira sintética, com seus harmônicos se fundindo em uma única estrutura. O segundo termo corresponderia à proposição de Helmholtz que assume a veracidade das proposições da Lei Acústica de Ohm, com nosso ouvido realizando uma análise espectral e dividindo o som percebido em inúmeros parciais. Neste caso a definição da altura estaria ligada estritamente à frequência fundamental.

A seguir, apresentaremos diferentes modelos sintéticos de construção do som ligados ao paradigma ondulatório, os quais consideramos relevantes num estudo sobre processos criativos. Paralelamente a estes processos e operações posicionamos a ideia de tecnomorfismo, ou seja, a simulação destes procedimentos eletrônicos na música instrumental. A exceção se dá no primeiro modelo apresentado, a manipulação do som realizada através da harmonia e da orquestração que, como discutiremos no Capítulo III, resultará, entre outros tipos de elaboração, na melodia de timbres de Schoenberg (*Klangfarbenmelodie*), processo este decorrente de uma associação entre cores e sons, baseadas nas teorias ótica e acústicas de Goethe, Seebeck e Helmholtz.

1.3.1 Timbre, harmonia e orquestração

Dentro desta categoria ondulatória do som, a percepção do timbre pode ser associada a uma cor (*Klangfarbe*), em uma possível relação com a pintura, no sentido de que o som agregado (acorde ou sonoridade resultante) é percebido como unidade tímbrica. De acordo com Solomos (2013, p. 66), o momento correspondente à dissolução da tonalidade (final do século XIX) permitiu que acordes se liberassem de uma funcionalidade (uma contingência da música tonal) e se tornassem puramente “cores” ou “manchas” (*taches*), sendo percebidos como acordes-timbre. Aqui o timbre não é definido tal como o pensamento de Rousseau (século XVIII) - como a propriedade de reconhecimento ou identificação de um som musical de mesma altura como sendo proveniente de um determinado instrumento - mas sim como um *timbre-espectro*, uma espécie de prolongamento da harmonia em direção ao timbre. O entendimento destes acordes-timbre está baseado na sua composição espectral.

Segundo a análise de Solomos, um dos primeiros exemplos dos acordes-timbre pode ser encontrado na música de Richard Wagner, por exemplo no exaustivamente analisado *acorde de Tristão*, presente no *Prelúdio* de sua ópera *Tristão e Isolda* (1857 - 59). Este acorde não possui uma função dentro do contexto da harmonia funcional, além de ser percebido simplesmente como “cor” ou sensação. Sua “coloração” é atingida através da relação entre a harmonia e a orquestração proposta pelo compositor. Neste acorde, inicialmente encontramos dois trítonos: Fá e Si (fagotes e clarinetes), e Ré# e Sol#, este último com resolução em Lá (no corne inglês e nos oboés). Após este momento, através da condução das vozes, este acorde mencionado se transforma em um acorde de Mi com sétima menor: Mi e Sol# (fagotes); Ré e Lá#, este último com resolução em Si no corne inglês e nos oboés. A seguir apresentamos o trecho correspondente na partitura da obra, marcado com um retângulo vermelho.

Fig. 9: Acorde de “Tristão”. *Prelúdio de Tristão e Isolda*, c. 1 a 9 (WAGNER, 1994 [1860], p. 5)

Também encontramos esta propriedade de fusão entre harmonia e timbre nas obras de Claude Debussy, compositor que alargou as possibilidades deste tipo de criação de agregados sonoros, que são também encontrados em obras de Scriabin e Messaien. Segundo Solomos, alguns agregados de notas em Debussy não soam como superposições de alturas, mas como puros timbres. A sua construção e a maneira conforme a qual o compositor organiza sucessivamente estes acordes nos sugere que eles devam ser apreendidos como sons globais (objetos), cores ou puros timbres. A partir desta constatação, uma possível análise destes agregados sonoros não deveria abordar simplesmente os intervalos superpostos, mas também a composição espectral do timbre resultante, sendo que esta possivelmente poderia ser uma das primeiras abordagens espectrais em processos composicionais (SOLOMOS, *Op. Cit.*, p. 69).

Para exemplificar este tipo de construção presente nas obras de Debussy, apresentamos o *Prelúdio nº 2* do Livro I, para piano, no qual a sonoridade dos acordes-timbre se faz presente durante toda a duração da peça. Este fato ocorre, principalmente, pela escolha da utilização da escala hexafônica (de tons inteiros), na qual não é possível encadear acordes a partir de uma lógica funcional, entre outros motivos, porque nela não existem intervalos de semitom. Por este fato, a composição dos agregados deve ser pensada enquanto som, ou seja, como um objeto único. No trecho apresentado não encontramos apenas acordes, mas também arpejos que, na medida em que são tocados, apresentam grande ressonância, além da presença da nota pedal Si 1 que se repete constantemente. Assim, notamos que a organização do material sonoro, neste exemplo, é feita em três camadas: pedal grave (1); arpejos ascendentes (2); acordes no registro agudo, além de uma possível melodia formada por notas tocadas individualmente (nos primeiros dois compassos) e pelas notas mais agudas destes acordes (3).



Fig. 10: Acordes-timbre no *Prelúdio para piano* n. 2 Livro I de Debussy (DEBUSSY, 1910, p. 4)

Dentro do contexto de construção do timbre a partir da combinação entre harmonia e orquestração, incluímos o modelo da melodia de timbres (*Klangfarbenmelodie*) de Schoenberg que, segundo Vaggione (1994, p. 74), também pode ser pensada como um prolongamento espectral da harmonia - de maneira análoga ao processo empregado por Risset na construção de timbres instrumentais por síntese sonora (RISSET; WESSEL, 1999, pp. 114 - 117). Este tipo de construção espectral exige um tipo de organização interna microtemporal do som, que

está ligada ao discurso musical de superfície (do nível das notas). Tendo em vista esta propriedade da *Klangfarbenmelodie* apresentaremos, no Capítulo III, alguns exemplos de *Farben* Op. 16 nº 3 de Schoenberg, considerando este tipo de construção. Esses exemplos, que são analisados através de descritores de áudio, nos permitem visualizar a construção espectral do som no nível microtemporal, informação esta que será combinada à uma análise da partitura, que abordará questões de orquestração e da construção harmônica da peça.

1.3.2 Síntese aditiva

A síntese aditiva, de acordo com a definição de Moorer (1977, p. 1112), consiste na formação de um agregado sonoro através da superposição (soma) de componentes periódicos que são organizados a partir de um som fundamental. Esta organização de parciais tem o objetivo de produzir um único som que apresenta uma configuração harmônica ou inarmônica, dependendo da relação proporcional ou não que se estabelece entre eles. Na síntese aditiva, a forma da onda resultante é representada pela soma de parciais senoidais que podem ser manipulados a partir das seguintes variáveis: tempo/duração (momento de início, fim e duração dos parciais), frequência, intensidade ou fase. Como exemplos de instrumentos musicais cuja geração sonora é realizada a partir do processo de síntese aditiva ou de processos análogos, podemos citar o órgão de tubos, o telarmônio e o órgão elétrico *Hammond*.

Tecnicamente, o termo “harmônico” (ou parcial harmônico) se refere aos componentes senoidais, cujas frequências são múltiplos exatos da frequência fundamental. O termo “parcial”, por sua vez, pode se referir a qualquer componente senoidal, sem restrição à sua frequência absoluta e à sua relação de múltiplo inteiro com a frequência fundamental. A seguir, apresentamos um esquema gráfico de um processo de síntese aditiva digital proposto por Moorer (Fig. 11), que é dividido em três partes: um controle de funções frequenciais e seus respectivos envelopes de amplitude (*control functions*), osciladores senoidais (*sinusoidal oscillators*) e uma saída referente à soma dos componentes senoidais gerados (*output summation*). Na Fig. 11 temos três osciladores senoidais diferentes, cada um possuindo um envelope de amplitude (*amp*) e uma frequência diferente, no entanto teoricamente poderíamos

somar uma quantidade infinita de osciladores diferentes. A saída do sistema corresponde à somatória das frequências de todos os osciladores.

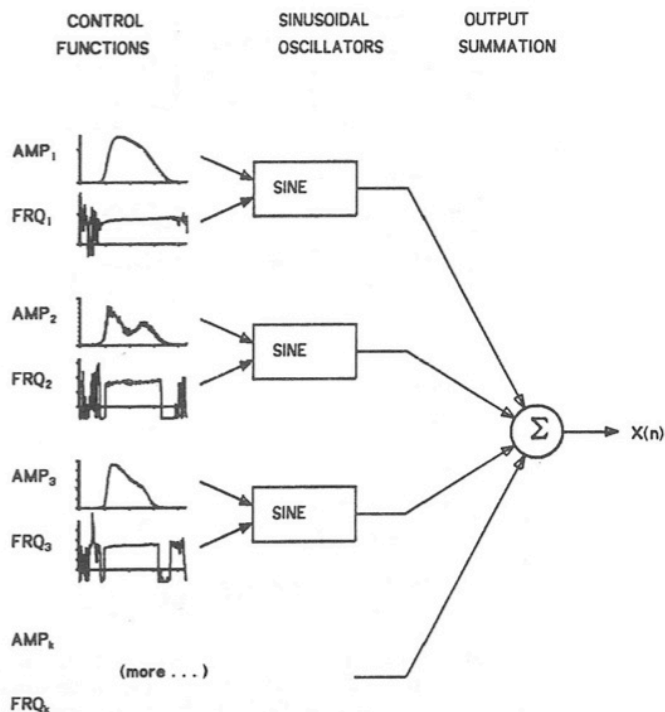


Fig. 11: Esquema gráfico de síntese aditiva a partir de sons senoidais (MOORER, *Op. Cit.*, p. 1112)

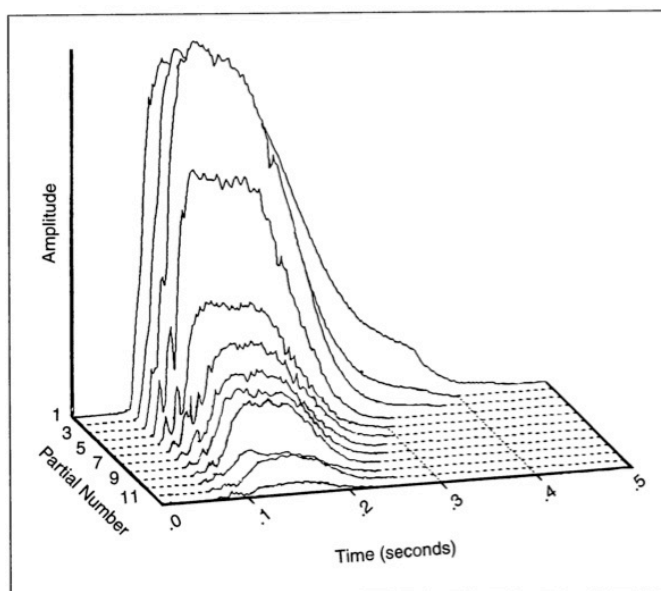


Fig. 12: Espectro variante no tempo de um som de trompete (ROADS, 1996, p. 141)

Na Fig. 12 apresentamos um gráfico tridimensional (Tempo X Amplitude X Número do parcial) de um espectro variável no tempo, referente aos doze parciais de um som de trompete (os parciais mais agudos se situam na frente e apresentam uma intensidade menor). Neste caso é interessante notar que a frequência

fundamental não é a que possui a maior amplitude, porém é a que possui a maior duração. Em relação à amplitude, ela é superada pelos parciais 2 e 3.

No contexto da música eletroacústica, o principal exemplo de utilização da síntese aditiva foi provavelmente a Música Eletrônica desenvolvida no Estúdio de Colônia, nos anos 1950. A orientação estética proposta pelo diretor do estúdio, Herbert Eimert¹⁸, direcionava o trabalho composicional para a utilização exclusiva, como material sonoro, de sons senoidais. O processo de composição, desta feita, consistia na sobreposição destes sons senoidais (síntese aditiva) a partir do método serial, com o objetivo da composição do timbre, timbres estes formados a partir da construção da estrutura espectral do som (Cf. MENEZES, 1991, In: MENEZES, 2009). Como exemplo deste processo de composição, mencionamos o *Studie II* (1954) de Karlheinz Stockhausen (Fig. 13), obra realizada exclusivamente através da síntese aditiva de sons senoidais, de maneira analógica. Na partitura, temos o tempo (em cm. de fita), no eixo X, e as frequências, no eixo Y. As formas retangulares, na parte superior, se referem aos agregados senoidais, considerando sua duração, frequência e intensidade (esta última representada pela tonalidade de cinza das figuras). Na parte inferior, temos o envelope de amplitude destes agregados sonoros.

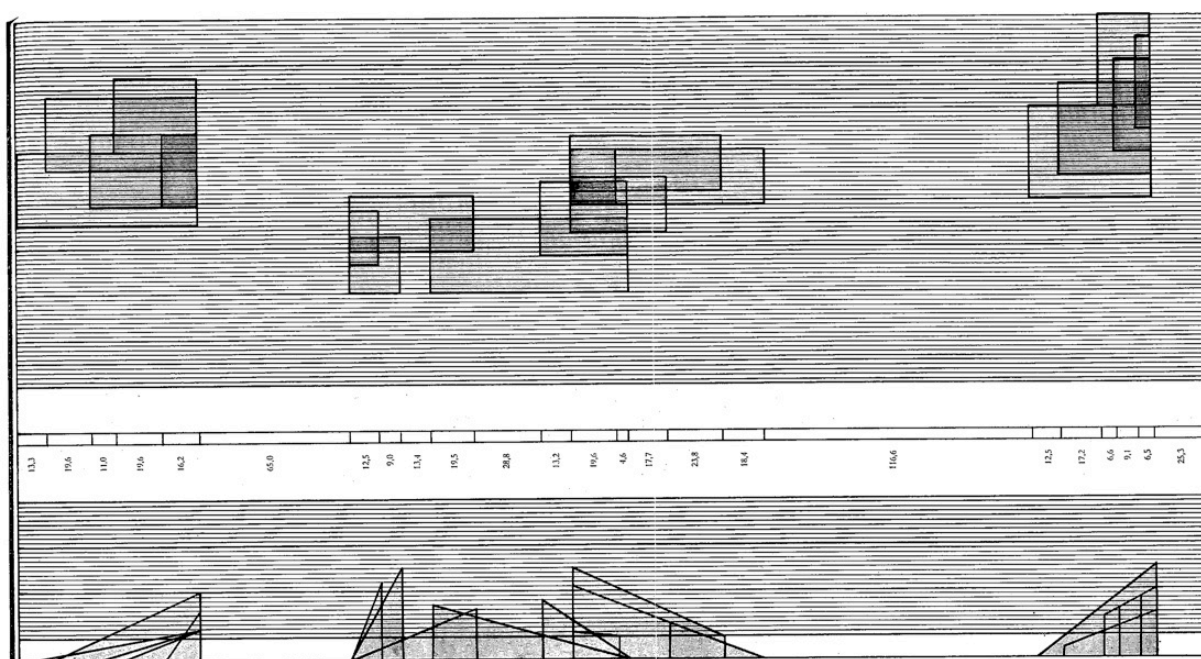


Fig. 13: Partitura de *Studie II* (STOCKHAUSEN, 1956, p. 12)

¹⁸ Para maiores informações a respeito da estética da música eletrônica, Cf. EIMERT, Herbert: "What is electronic music" (1955), In: *Die Reihe* vol. 1 (1958, tradução inglesa).

No Capítulo III, apresentaremos exemplos da Peça nº 9 das *Dez peças para quinteto de sopros* de Ligeti (1968). Como veremos oportunamente, a técnica da micropolifonia desenvolvida por este compositor consistiria, em linhas gerais, em uma espécie de transposição do processo eletrônico da síntese aditiva para o ambiente da música instrumental.

1.3.3 Modulação de amplitude (AM) e modulação em anel

De acordo com Curtis Roads (1996, p. 221), para haver um processo de modulação de amplitude ou, em inglês, *amplitude modulation* (AM), é necessário haver duas ondas: uma portadora (a qual será modulada) e uma outra modulante, a qual modulará a primeira, de acordo com seu envelope de amplitude. A modulação de amplitude é uma técnica cujo resultado é oriundo da multiplicação da onda portadora pela modulante (Mod. Amp. = $P \times M$), sendo que este procedimento ainda gera um par de frequências para cada parcial das ondas envolvidas, ($P + M$) e ($P - M$). Abaixo, apresentamos um gráfico exemplificando este processo (Fig. 14) no qual uma onda senoidal (a) é multiplicada pelo envelope da onda (b), produzindo uma nova onda (c), formada pelo sinal de a multiplicado pelo envelope de amplitude de b.

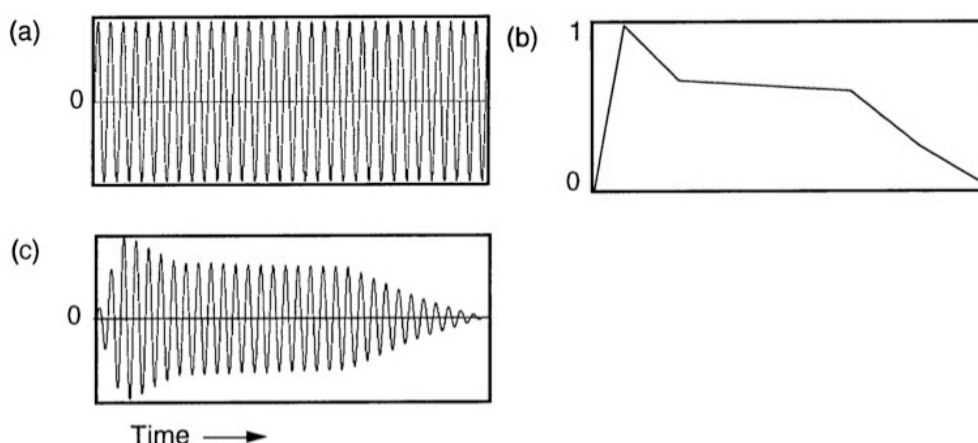


Fig. 14: Processo de modulação de amplitude de a por b (ROADS, *Op. Cit.*, p. 222)

Um tipo de modulação de amplitude bastante conhecido é a modulação em anel (*ring modulation*). A modulação em anel, de acordo com Harald Bode (1967), da mesma maneira, funciona tendo como entradas uma onda portadora e outra modulante; sua saída, por sua vez, contém componentes frequenciais adicionais, não presentes na entrada. No caso de uma modulação em anel entre

duas ondas senoidais, as frequências de saída são a soma e a diferença entre a onda portadora e a modulante. Também pode haver a presença de uma outra frequência referente à soma das duas frequências resultantes $(F_2 - F_1) + (F_2 + F_1)$. Com o intuito de que a onda portadora não seja ouvida na saída do sistema, nos aparelhos que realizam a modulação em anel foi desenvolvida uma porta ou relê (*gate*) entre os terminais de entrada da onda portadora. O relê somente permite a passagem da onda portadora quando o sinal da onda modulante ultrapassa um limite (*threshold*) de voltagem. Na Fig. 15 apresentamos o diagrama em bloco de um sistema de modulação em anel elaborado por Bode, tal como descrito acima (o termo *carrier*, em inglês, se refere à onda portadora, e o termo *program*, à onda modulante).

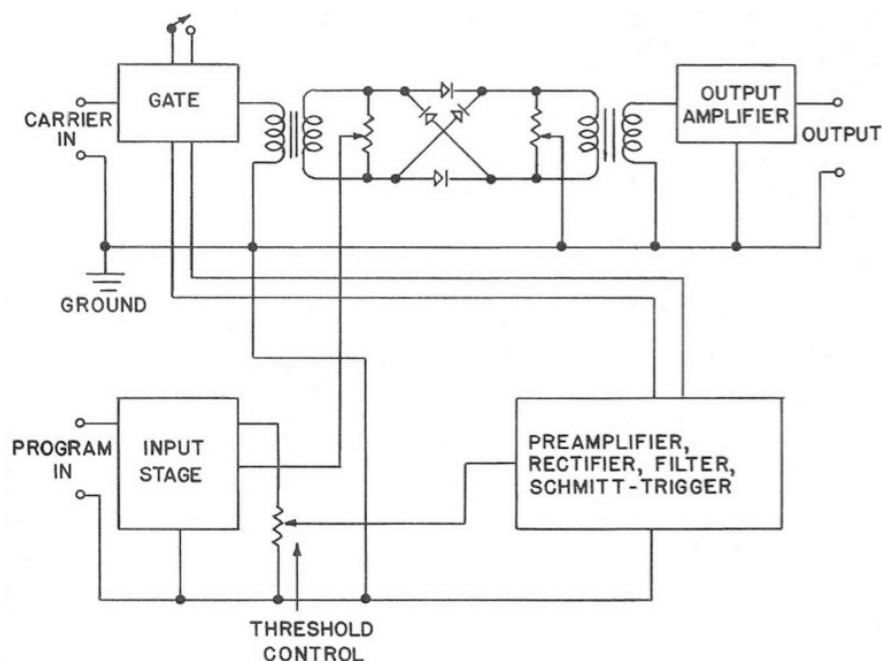


Fig. 15: Diagrama em bloco, sistema de modulação em anel (BODE, 1967, p. 13)

Bode, em seu artigo, descreve alguns exemplos de modulação em anel utilizando diferentes tipos de onda na entrada do sistema (BODE, *Op. Cit.*, p. 14), dentre os quais mencionamos aqueles que consideramos relevantes numa aplicação musical:

Exemplo 1: O sistema tem como entradas duas ondas senoidais, sendo a onda modulante de 1000Hz e a onda portadora de 900Hz. A saída conterá duas frequências, de 100 e 1900Hz.

Exemplo 2: Entrada no sistema de uma onda quadrada modulante de 1000Hz e uma onda portadora senoidal de 900Hz (por definição, uma onda quadrada contém infinitas séries de frequências discretas, múltiplos ímpares da frequência fundamental). A saída consistirá em duas séries infinitas, a primeira sendo a soma dos componentes da onda quadrada de 1000Hz e a onda senoidal de 900Hz, e, a segunda, a diferença entre elas.

Exemplo 3: Entrada no sistema de um ruído branco filtrado, com uma banda de frequências de igual energia, entre 0 e 100Hz (frequência modulante), e uma onda senoidal de 900Hz, atuando como portadora. A saída do modulador em anel possuirá um espectro cujo centro se situa em 900Hz, contendo uma distribuição de frequências igual entre 800 e 1000Hz (a banda de frequências da saída contém o dobro de frequências da entrada). Um efeito mais complexo seria obtido, por exemplo, caso na entrada referente à onda modulante fosse utilizado um ruído branco, cuja a banda de frequências fosse entre 400 e 500Hz. Utilizando a mesma onda portadora senoidal de 900Hz, o modulador em anel teria como saída duas bandas de frequência de ruído branco filtrado, uma situada entre 400 e 500Hz, e outra entre 1300 e 1400Hz. Este seria um exemplo similar ao procedimento de modulação aleatória, definido por Meyer-Eppler, que abordamos anteriormente.

Para exemplificar a utilização da modulação em anel no contexto composicional, citamos novamente uma obra de Stockhausen, *Mixtur* (1964)¹⁹, para orquestra e moduladores em anel, uma das primeiras obras cuja eletrônica é realizada em tempo real. A orquestra é dividida em quatro grupos instrumentais - madeiras, metais, cordas (em arco e em *pizzicato*) e percussão - sendo que o som de cada um destes grupos é captado por microfones e enviado separadamente a quatro moduladores em anel, cada um deles operado por um músico que controla a variação da frequência da onda senoidal portadora no tempo.

O resultado deste tratamento eletrônico é enviado a quatro alto-falantes separados, e mixados em conjunto com o som puramente instrumental. É interessante observar que, caso a frequência da onda senoidal portadora seja inferior a 16Hz, há uma transformação rítmica do som instrumental, efeito conhecido como trêmolo, pois abaixo deste limiar o som passa do domínio das alturas para o domínio da pulsação rítmica. Discutiremos em maiores detalhes esta questão no

¹⁹ Um outro exemplo deste mesmo procedimento é encontrado na obra *Mantra* (1970), também de Stockhausen, para dois pianos, dois moduladores em anel, crotales e *wood-block*.

Capítulo III, quando se abordará, além do caso de Stockhausen, a adoção desta técnica por parte dos compositores espectrais no ambiente da música instrumental. Para exemplificarmos o tipo de notação musical utilizado por Stockhausen nesta obra, apresentamos uma página da partitura de *Mixtur* (Fig. 16).

TRANSLATION

① 7 3 27 4 7

11" 5" 41" 6"

15 Einträge für denjenigen, der bei ③ zuerst einsteht, plus weiteren 6 Einträge im Komma

DRITTENT: Die 6 Einträge werden.

NUR WENN TUTTI FOLGT → SCH

I O HART f KLINGEN LASSEN

II O

III O

① IN DIESEM ZEITRAUM EINZELN NACHEIN-ANDER EINSETZEN UND DAS GLEICHE SPIELEN

② RIT. MOLTO ACCEL. MOLTO JEDER SPIELER VERTEILT ad lib. 10 AKZENTE AUF DIESE 34 NOTEN

③ Fg SPIELT BIS ZUR NÄCHSTEN NOTE IM FOLGENDEN MOMENT

H Bkl Fg

PP f

SEHR SCHNELL REPETIEREN

SEHR SCHNELL

174 GLISS. 392

Mi Ref 2. und 1. nur Punkt! (ca. 2 Sek. Tonabstand)

Bkl nimmt KL

S+P P PIZZ SEHR SCHNELL

① IN DIESEM ZEITRAUM EINZELN NACHEIN-ANDER EINSETZEN UND DAS GLEICHE SPIELEN

② RIT. MOLTO ACCEL. MOLTO JEDER SPIELER VERTEILT ad lib. 10 AKZENTE AUF DIESE 35 NOTEN

③ JEDER SPIELT BIS ZUR NÄCHSTEN NOTE IM FOLGENDEN MOMENT

ZVc 2Cb

PP f

CONTRABÄSSE NÖHMEN DIE HÖCHSTEN NOTEN ABLASSEN

SEHR SCHNELL

174 LANGSAM AUS SCHWIEBUNG LÖSEN 392

PS

Fig. 16: Partitura de *Mixtur* (1964), *Translation*, com correções de Stockhausen (TAMAIÓ, 2013, p. 7)

Neste momento da obra, denominado *Translation*, observamos que Stockhausen utiliza uma notação proporcional das durações, em segundos. Na

orquestra, temos apenas a participação das madeiras e das cordas (em arco e em *pizzicato*). O modulador em anel, atrelado ao som das madeiras, se inicia com uma frequência da onda portadora em 174Hz (Fá 3). Após 7", a onda portadora inicia um *glissando* ascendente que dura um pouco mais de 30", atingido então a frequência de 392Hz (Sol 4), ou seja, um *glissando* de um intervalo de nona maior, em termos de alturas musicais. A onda senoidal portadora do modulador em anel ligado ao som das cordas executa exatamente o mesmo *glissando* em termos de frequência, com uma duração semelhante, porém em momentos diferentes. Ele inicia seu *glissando* no início desta parte da obra, e o termina na marcação 3, presente na parte superior da partitura.

Assim, observamos como o compositor encontra sua maneira de utilizar musicalmente este aparelho eletrônico, o qual é controlado por um músico durante a execução da peça (no total são quatro moduladores em anel e quatro executores). Nota-se que as frequências atribuídas à onda senoidal portadora correspondem a valores próximos de alturas musicais, assim nos situamos, ao menos dentro dos valores atribuídos à entrada do modulador em anel, no âmbito do cromatismo das alturas. Há também momentos em que são executadas frequências abaixo do nosso limite de percepção das alturas, gerando como saída, estruturas rítmicas. Em relação às frequências obtidas na saída do modulador, não temos exato controle de seu valor frequencial, pois estes dependem das notas executadas pelos instrumentistas. Quanto maior a variedade de ritmos e de alturas, maior a complexidade dos sons da saída do modulador.

1.3.4 Modulação de frequência (FM)

A modulação de frequência é um tipo de modulação entre dois sinais (também uma onda portadora e outra modulante) que tem como uma de suas características a promoção de modificações espectrais (no timbre) da onda resultante ao longo do tempo. No momento em que esta técnica foi concebida para fins musicais, nos laboratórios da Universidade de Stanford em meados dos anos 1970, um dos principais resultados atingidos (além da invenção de uma técnica de síntese com amplas possibilidades estéticas) foi a possibilidade de construir eletronicamente (e de uma forma satisfatória) diferentes timbres que simulavam a sonoridade de instrumentos musicais acústicos, pois os instrumentos têm como característica

justamente uma evolução temporal e espectral de seu timbre. Possivelmente a maior contribuição deste tipo de síntese é o controle temporal das frequências que compõem o som gerado, algo que é atingido com maior dificuldade nos outros tipos de síntese apresentados.

Na síntese por FM, a frequência da onda portadora é variada a partir da onda modulante. Segundo Chowning (1973, p. 528), o índice (*rate*) representa o fator através do qual o valor da frequência da onda portadora será modulado pela a frequência da onda modulante (frequência moduladora). Este índice de variação é ainda proporcional à amplitude da onda modulante. Portanto, os parâmetros no processo de modulação de frequência são a frequência portadora (c), frequência modulante (m) e o desvio de pico (d , *peak deviation*). Quando o índice de modulação é igual a zero, obviamente não há modulação; quando o índice possuir qualquer outro valor, ocorre modulação de frequência, sendo que o número de novas frequências geradas é diretamente proporcional ao índice de modulação. Neste processo a energia é retirada da frequência portadora e distribuída entre os novos parciais gerados.

Na Fig. 17 apresentamos um esquema que ilustra a geração de novas frequências em relação ao índice de modulação. Quando $I = 0$, há apenas a frequência portadora (c de *carrier*); quando $I = 1$, além da onda portadora, são geradas as frequências correspondentes a $c + m$, $c - m$, $c + 2m$, $c - 2m$, $c + 3m$, e $c - 3m$; quando $I = 2$, além dos parciais já citados, há a possibilidade de gerarmos os parciais referentes a $c - 4m$, $c + 4m$; se $I = 3$ gera-se também $c - 5m$, e $c + 5m$; se $I = 4$ temos também a frequência portadora somada e subtraída pelo valor resultante da multiplicação por seis da frequência da onda modulante. É importante salientar que, quando o resultado destas operações for negativo, não significa que é gerada uma frequência negativa, mas uma frequência cuja fase é negativa. Por este fato, todas as frequências obtidas se encontram representadas no gráfico abaixo, apresentando amplitude positiva.

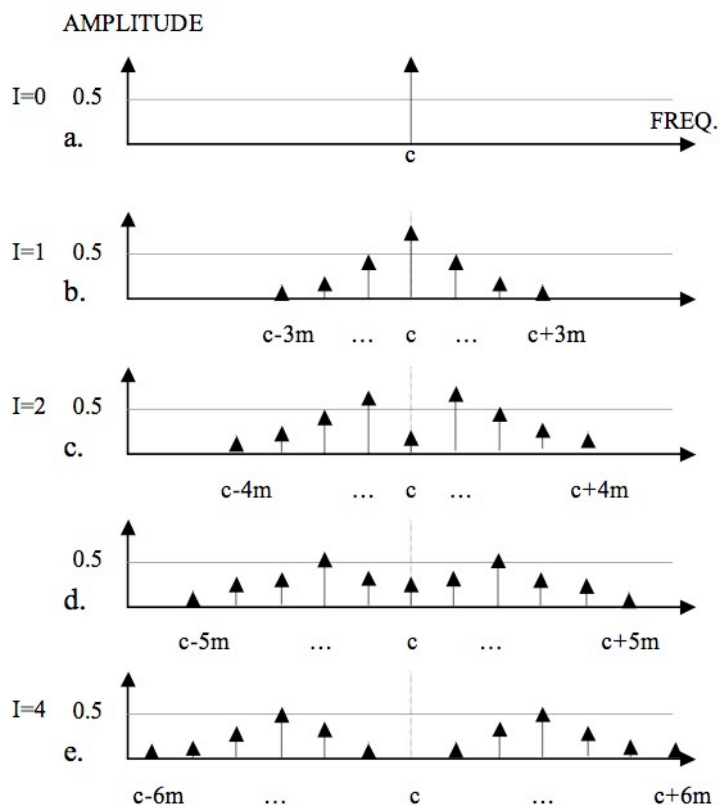


Fig. 17: Modulação de frequência: Aumento do número de parciais a partir do aumento do índice de modulação (CHOWNING, 1973, p. 529)

No instrumento presente na Fig. 18, representado por um diagrama de síntese²⁰, temos seis *unity generators* (blocos que realizam procedimentos ou computam os *samples*). Nos *softwares* modulares atuais, tais como *PureData* e *Max*, os *unity generators* são os objetos que podem realizar as mais diversas funções. Os seis *unity generators* representados na Fig. 18 desempenham as seguintes atividades: oscilador senoidal (~), soma de duas ondas (+) ou envelope dinâmico aplicado ao som resultante do processo de síntese (u.g. 4 e 5). Os parâmetros (P) têm a função de fornecer valores às variáveis ligadas aos *u.g.* No caso do *Music V*, os parâmetros P1 e P3 são reservados para o tempo de início e duração da nota que o instrumento executará. O parâmetro P2 determina o número do instrumento. Nesta figura, *u.g.* 4 representa o envelope de amplitude da onda portadora, enquanto que *u.g.* 5 e 6 permitem o controle dinâmico do índice de modulação. Os parâmetros designados para este instrumento são os seguintes: P4: amplitude da onda resultante, P5: frequência da onda portadora, P6, frequência da onda modulante, P7: índice de modulação 1 (*I1*), e P8: índice de modulação 2 (*I2*). Ainda

²⁰ Para explicações detalhadas sobre diagramas de síntese e seus componentes (instrumentos, *unity generators*, osciladores, geradores de envelope), Cf. <http://bit.ly/synthdiagram>.

de acordo com a figura, os desvios de pico (para *u.g. 6* e *u.g. 5*, respectivamente) são calculados da seguinte maneira: $P7 * P6$, e $(P8 - P7) * P6$. As frequências de entrada para *u.g. 4* e *u.g. 5*, por sua vez, são inversamente proporcionais à duração do som gerado ($1/P3$) (CHOWNING, *Op. Cit.*, p. 531).

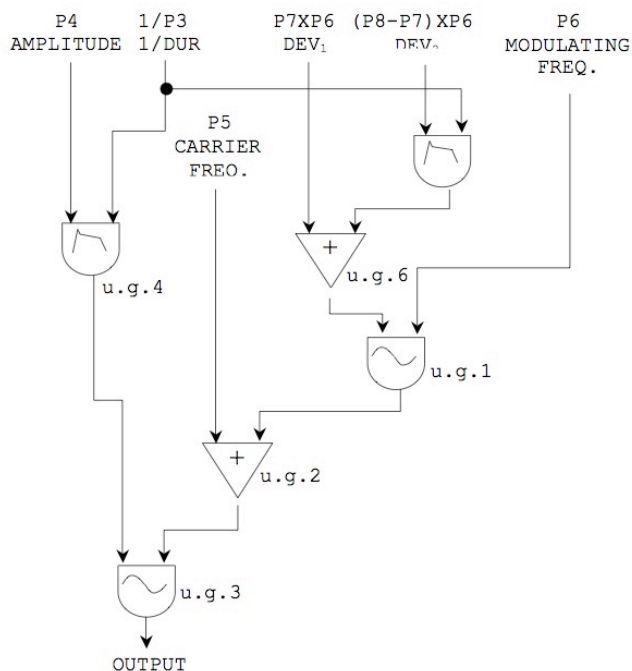


Fig. 18: Circuito FM para produzir um espectro dinâmico (*Op. Cit.*, p. 531)

A seguir, na Fig. 19, apresentamos o sonograma dos primeiros quatro minutos da obra acusmática *Stria* (1977), de Chowning, cujos sons foram concebidos exclusivamente através de síntese por FM. Estes sons, como o próprio nome da obra indica, foram bastante estirados temporalmente, promovendo uma escuta voltada para o interior do som e para a evolução temporal do espectro de frequências produzidos pela síntese. No trecho escolhido (entre 0 e 250”), os sons utilizados não apresentam um ataque brusco, mas um *crescendo* gradual a partir do silêncio.

Essa obra é um exemplo interessante para analisarmos auditivamente o resultado de diferentes procedimentos de modulação de frequência, que são realizados de maneira bastante clara. Em seu instrumento, o compositor realiza mudanças graduais nos desvios de pico e nos índices de modulação relativos à frequência modulante. No início da obra, de 0 a 160”, nota-se que o índice de modulação aumenta, pelo fato de que o som torna-se gradualmente mais complexo e inarmônico, considerando o número de parciais que o compõem e a sua

distribuição espectral. Entre 160'' e 250'' um novo processo de modulação de frequência é implementado (ondas portadora e modulante com diferentes frequências) e variado em relação a seus parâmetros. O som resultante, por sua vez, é passado por um filtro passa baixos, pois seus parciais não ultrapassam os 4000Hz.

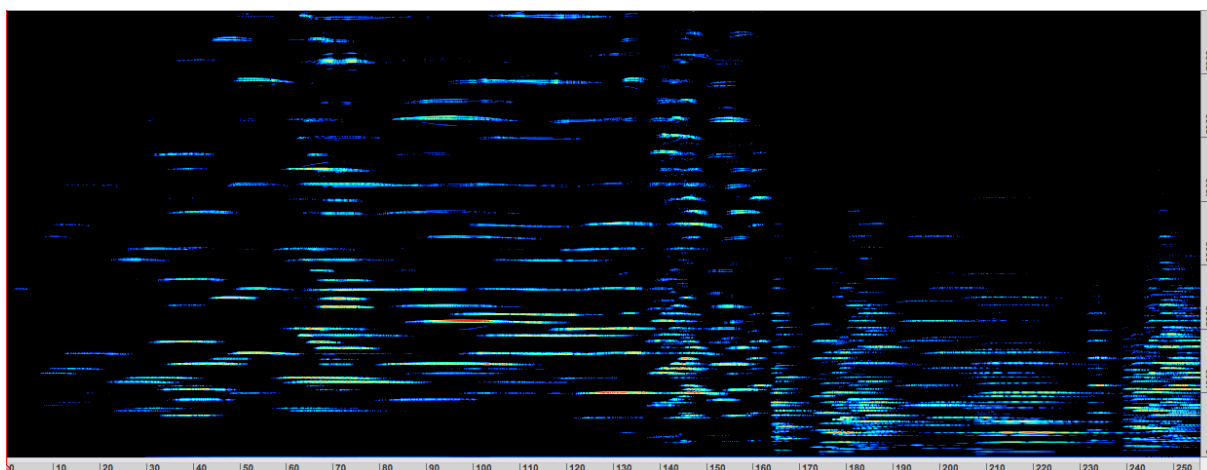


Fig. 19: Sonograma de *Stria* (1977), de 0 a 250''. Representação da evolução temporal do espectro de frequências de sons gerados por síntese FM

1.4 O paradigma granular

O paradigma granular é da ordem do descontínuo, considerando a dualidade onda-corpúsculo que estamos abordando ao longo deste capítulo. Sua origem conceitual, da mesma forma que o paradigma ondulatório, está ligada ao pensamento da Grécia Antiga, mais precisamente aos filósofos atomistas Leucipo e Demócrito (séc. V a.C.). As abordagens corpusculares do som e da luz reapareceram com destaque no século XX, através do advento da mecânica quântica. Em relação ao som, esta abordagem ganhou destaque através da teoria do quanta acústico de Gabor, considerado uma espécie de átomo do som. A abordagem corpuscular de Gabor, por sua vez, é aplicada teoricamente à composição musical por Iannis Xenakis.

O pensamento granular do som de Xenakis teve consequências importantes para o pensamento musical da segunda metade do século XX, permitindo a emergência de uma série de compositores que passaram a trabalhar sobre o paradigma granular, fato este também facilitado pelo avanço tecnológico,

através da criação de equipamentos que permitiam o trabalho analítico e criativo no interior do som. Destrincharemos inicialmente o pensamento teórico de Xenakis e, logo após, investigaremos o pensamento granular de compositores que ampliaram as possibilidades desta abordagem.

Convém ressaltar, em relação a esse paradigma, um paradoxo existente entre o modelo sonoro granular e a “sonoridade” granular. O modelo granular, como veremos em a seguir, tem como base a teoria do quanta acústico de Gabor. No âmbito musical, ela começou a ser desenhada por Xenakis ao longo dos anos 1950, em paralelo às definições de sua música estocástica. Em seu artigo de “La crise de la musique sérielle”, de 1954 (In: XENAKIS, 1994), Xenakis destaca quais seriam as bases de seu processo composicional, o qual se diferencia do serialismo, apresentando características tais como o controle estatístico da evolução sonora, através das noções de probabilidade e cálculos combinatórios em relação a nuvens de sons e densidades de eventos. Nesse contexto, a polifonia como maneira de organização entre as vozes seria extinta, abrindo a possibilidade para a independência total entre as vozes (ROSSETTI, 2009).

O primeiro exemplo de uma composição realizada através do método granular, tal como afirmado pelo próprio Xenakis, seria sua obra *Analogique A & B* (1958 - 59), cujos procedimentos realizados estão descritos no Capítulo II de *Musiques Formelles* (1962). Por outro lado, obras com uma sonoridade granular, apresentando eventos descontínuos no interior da continuidade do fluxo sonoro, pode ser obtida por métodos diferentes do método granular, ou ainda de maneira totalmente empírica. Um exemplo oriundo do próprio Xenakis de uma obra que apresenta uma sonoridade granular, mas foi realizada sem um método de composição estritamente granular, é *Concret PH* (1958). Essa obra acusmática foi composta no *GRM* a partir de procedimentos analógicos inerentes à música concreta. Ainda que estes procedimentos se assemelhem a uma possível síntese granular por meios analógicos, essa não é uma obra cuja concepção fora-do-tempo esteja ligada ao modelo granular. Como última observação, é interessante observar que uma composição que apresenta um método de realização granular pode resultar numa sonoridade que não seja granular, como é o caso de alguns momentos da própria *Analogique*.

1.4.1 Música estocástica: som como uma integração de grãos

Antes de abordarmos a teoria de Xenakis sobre o *quanta sonoro*, mencionaremos um ponto importante dentro de seu pensamento teórico, a *música estocástica*, que serviu de base para composições como *Pithoprakta* (1954 - 55) e *Achorripsis* (1956 - 57). A busca de Xenakis por uma música formalizada através de cálculos probabilísticos surgiu a partir de sua crítica a respeito do serialismo – método composicional utilizado primeiramente pelos compositores da segunda escola de Viena (entre outros, Schoenberg, Berg e Webern), e, posteriormente, através de uma abordagem integralista, utilizada pelos compositores vinculados ao Estúdio de Colônia (entre outros, Eimert, Stockhausen, Pousseur, Goeyvaerts) – crítica esta presente no artigo “La crise de la musique sérielle” (1954).

Para Xenakis (XENAKIS, 1954, In: XENAKIS, 1994, pp. 39 - 40), a música serial da segunda escola de Viena estaria baseada em três propriedades do som: frequência, intensidade e timbre, sendo que as frequências estariam organizadas linearmente através de uma sucessão de doze sons. Ademais, a polifonia linear do Renascimento era o modelo utilizado para a organização formal da trama sonora estabelecida. Mais adiante, em 1949, Messiaen realizou sua ideia de compor obras seriais não apenas com séries de frequências, mas também com séries de intensidades, timbres e durações, resultando na obra *Mode de valeurs et d'intensités*. Nesse mesmo período, os aparelhos eletromagnéticos e eletrônicos começaram a ser utilizados dentro do processo do fazer musical, ampliando em grande escala as possibilidades de criação de timbres, bem como o trabalho no âmbito da duração do som em diferentes escalas, desde durações ínfimas (da ordem de milissegundos), até durações quase que infinitas.

O problema da música serial se encontrava tanto no estabelecimento de uma série de alturas quanto na polifonia linear utilizada na sua organização formal. Em relação à série de alturas, por sua vez, no serialismo integral aplicado à música instrumental não havia a possibilidade de se utilizar outro tipo de organização senão o temperamento igual²¹, ou seja, a divisão das oitavas em doze partes iguais (semitons). Para Xenakis, este fator poderia ser superado eletronicamente através de um pensamento voltado para os quanta de frequências. Em “La crise de la

²¹ Na música eletrônica serial, por sua vez, havia outras possibilidades, tais como a divisão da oitava em vinte-e-cinco partes iguais implementada por Stockhausen em *Studie II*.

musique sérielle”, Xenakis já apontava para a necessidade de uma abordagem descontínua do espectro sonoro²², mais próxima das sensações humanas, que seriam regidas segundo leis logarítmicas ou aritméticas (percepção das alturas, intensidades e durações). Sua crítica sobre polifonia deriva do fato de que na medida em que sua complexidade aumenta (número de vozes elevado ou escrita rítmica complexa), nossa escuta torna-se incapaz de diferenciar estas vozes, agrupando-as em um amálgama de notas em registros variados, o qual é percebido como uma superfície ou uma massa (XENAKIS, 1954, In: *Op. Cit.*, pp. 41 - 42).

Xenakis afirmou, em carta enviada ao maestro Hermann Scherchen acerca de sua obra *Pithoprakta*, que a dualidade harmonia-contraponto, preponderante na música ocidental por diversos séculos, estaria esgotada e deveria ser superada por uma noção de densidade de frequências variável no tempo, tanto como um agregado vertical quanto como uma sucessão horizontal de sons (XENAKIS, “Lettre à Hermann Scherchen”, 1955, In: *Op. Cit.* pp. 44 - 45). Noções de densidade, de massa, de nuvens de sons e uma escrita em relação às alturas sem uma hierarquia presente seriam os pontos principais de sua música estocástica livre. Estas novas variáveis sonoras, além de possibilitarem a modelização de fenômenos naturais no âmbito musical, justificariam a introdução do cálculo de probabilidades no trabalho composicional. Este seria o método composicional empregado em *Pithoprakta*. Abaixo citamos uma passagem (quase que poética), presente em *Musiques formelles* (1962), que evidencia o seu interesse na modelização de fenômenos estocásticos naturais, cujas leis de organização seriam análogas às encontradas na dispersão e agrupamento de multidões em conflitos e choques de manifestantes, experiência que Xenakis viveu quando participou da resistência grega às tropas inglesas, na Segunda Guerra Mundial.

Em primeiro lugar, os eventos naturais tais como os choques do granizo ou da chuva em superfícies duras ou ainda o canto das cigarras em um campo em pleno verão. Estes eventos sonoros globais são feitos de milhares de sons isolados, nos quais a multiplicidade cria um evento sonoro novo em um plano de conjunto. Ora este evento de conjunto é articulado e forma uma plástica temporal que segue, ela também, leis aleatórias, estocásticas. Se então quisermos modelar um grande aglomerado de notas pontuais tais como *pizzicati* de cordas, é necessário conhecer estas leis matemáticas,

²² Em relação às justificativas de Xenakis sobre a necessidade do aprimoramento de uma síntese sonora por meios diferentes que o método ondulatório, baseado em Fourier, Cf. “Les chemins de la composition musicale” (1981), In: *Op. Cit.*, pp. 24 - 25). Disponível também em <http://articles.ircam.fr/textes/Xenakis81a/>, acesso em 16/04/2015.

que aliás são nem mais nem menos uma expressão densa e apertada de uma cadeia de raciocínios lógicos. Todo o mundo observou os fenômenos sonoros de uma grande multidão politizada de dezenas ou de centenas de milhares de pessoas. O rio humano entoava uma palavra de ordem em ritmo unânime. Depois uma outra palavra de ordem é lançada na cabeça da manifestação, e se propaga até seu fim substituindo a primeira. Uma onda de transição parte assim do início ao fim. O clamor enche a cidade, a força inibidora da voz e do ritmo é culminante. É um evento altamente potente e belo dentro de sua ferocidade. Depois o choque dos manifestantes e do inimigo se produz. O ritmo por vezes da última palavra de ordem se rompe em um aglomerado enorme de gritos caóticos que, ele também, se propaga até o fim. Imaginemos ainda crepitementos de dezenas de metralhadoras e assobios de balas que adicionam sua pontuação à esta desordem total. Depois, rapidamente, a multidão é dispersada e, no inferno sonoro e visual, sucede uma calma detonante, cheia de desespero, de morte e de poeira. As leis estatísticas destes eventos esvaziadas de seu conteúdo político ou moral, são aquelas das cigarras ou da chuva. Estas são leis da passagem da ordem perfeita à desordem total de uma maneira contínua ou explosiva. Estas são leis estocásticas²³ (XENAKIS, 1962, p. 19, tradução nossa).

A seguir, na Fig. 20, apresentamos a representação gráfica de *Pithoprakta* (Tempo X Alturas), obra em que Xenakis procura controlar estatisticamente transformações contínuas de grandes conjuntos de sons granulares ou contínuos, através de variáveis tais como densidade, duração, registro e velocidade, às quais são atribuídas funções matemáticas que as controlam. A evolução destes complexos sonoros são pensadas de acordo com a noção de entropia, podendo variar da ordem à desordem, ou vice-versa. Outras transformações dentro deste contexto também podem ser imaginadas, como um conjunto de sons em *pizzicati* se transformando de forma contínua em sons de arco (XENAKIS, *Op. Cit.*, p. 30).

²³ Tout d'abord des événements naturels tels que les chocs de la grêle ou de la pluie sur des surfaces dures ou encore le chant des cigales dans un champ en plein été. Ces événements sonores globaux sont faits de milliers de sons isolés, dont la multitude crée un événement sonore nouveau sur un plan d'ensemble. Or cet événement d'ensemble est articulé et forme une plastique temporelle qui suit, elle aussi, des lois aléatoires, stochastiques. Si donc on veut modéliser un grand amas de notes ponctuelles telles que des *pizzicati* de cordes, il faut connaître ces lois mathématiques, qui sont d'ailleurs ni plus ni moins qu'une expression dense et serrée d'une chaîne de raisonnements logiques. Tout le monde a observé les phénomènes sonores d'une grande foule politisée de dizaines ou de centaines de milliers de personnes. Le fleuve humain scande un mot d'ordre en rythme unanime. Puis un autre mot d'ordre est lancé en tête de la manifestation, et se propage à la queue en remplaçant le premier. Une onde de transition part ainsi de la tête à la queue. Le clameur emplit la ville, la force inhibitrice de la voix et du rythme est culminante. C'est un événement hautement puissant et beau dans sa férocité. Puis le choc des manifestants et de l'ennemi se produit. Le rythme parfois du dernier mot d'ordre se rompt dans un amas énorme de cris chaotiques qui, lui aussi, se propage à la queue. Imaginons de plus des crépitements de dizaines de mitralleuses et les sifflements des balles qui ajoutent leur ponctuation à ce désordre total. Puis, rapidement, la foule est dispersée et, à l'enfer sonore et visuel, succède un calme détonant, plein de désespoir, de mort et de poussière. Les lois statistiques de ces événements vidés de leur contenu politique ou moral, sont celles des cigales ou de la pluie. Ce sont des lois du passage de l'ordre parfait au désordre total d'une manière continue ou explosive. Ce sont des lois stochastiques (XENAKIS, 1962, p. 19).

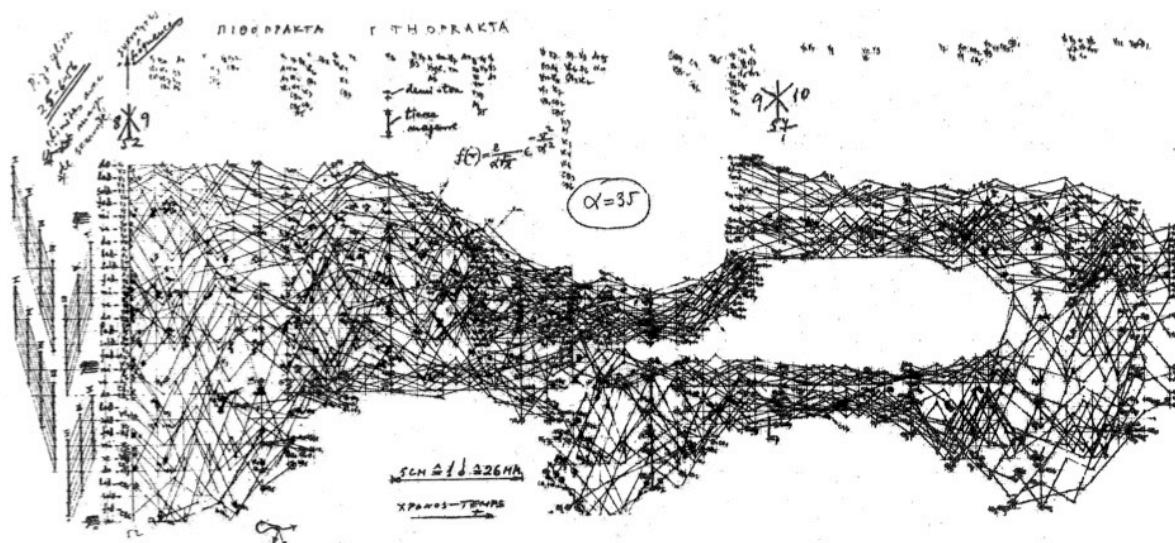


Fig. 20: Transformações contínuas em *Pithoprakta* (tempo X frequência) (Op. Cit., p. 31)

No início do segundo capítulo de *Musiques formelles* (1962), Xenakis apresentou sua hipótese que concerne a natureza granular de som. Essa hipótese foi desenvolvida tendo como base a teoria do quanta acústico de Gabor. Xenakis aplicou de maneira prática o modelo estocástico no ambiente da música eletroacústica, especificamente nas obras *Diamorphoses* (1957 - 58), *Concret PH* (1958) e *Orient-Occident* (1960). A seguir, reproduzimos esta conhecida passagem que contém sua hipótese de base, além de metáforas que visam a explicá-la:

Todo som é uma integração de grãos, de partículas elementares sonoras, de quanta sonoros. Cada um destes grãos elementares tem uma natureza tripla: a duração, a frequência e a intensidade. Todo som, toda variação sonora mesmo contínua é concebida como um agrupamento de grãos elementares suficientemente numerosos e dispostos no tempo de uma maneira adequada. Portanto: todo complexo sonoro é analisável em séries de sons puros senoidais mesmo se as variações destes sons senoidais são infinitamente próximas, breves e complexas. No ataque de um som complexo, em seu corpo, em sua queda, milhares de sons puros aparecem em um intervalo de tempo Δt bastante curto. Hecatombes de sons puros são necessárias para a criação de um som complexo. Seria necessário imaginar um som complexo como um fogo de artifício de todas as cores no qual cada ponto luminoso apareceria e desapareceria instantaneamente sobre o céu preto. Mas neste fogo de artifício haveria tantos pontos luminosos e eles seriam assim organizados que a sua sucessão rápida e apavorante criaria formas, volutas de desenvolvimento lento ou ao contrário explosões breves incendiárias de todo céu. Uma linha luminosa seria constituída por uma multiplicidade suficiente de pontos que apareceriam e desapareceriam instantaneamente (XENAKIS, Op. Cit., p. 61, tradução nossa).²⁴

²⁴ Tout son est une intégration de grains, de particules élémentaires sonores, de quanta sonores. Chacun de ces grains élémentaires a une triple nature: la durée, la fréquence et l'intensité. Tout son, toute variation sonore même continue est conçue comme un assemblage de grains élémentaires suffisamment nombreux et disposés dans le temps d'une façon adéquate. Donc: tout complexe sonore est analysable en séries de sons purs sinusoïdaux même si les variations de ces sons

O que podemos extrair desta hipótese sobre a qual se baseou Xenakis é que, em sua concepção, todo som é um agrupamento de numerosos grãos de ínfimas durações. Porém, em sua análise (ou sua percepção por nosso sistema auditivo), um som é decomposto em milhares de sons senoidais, tal como um processo de FFT (*Fast Fourier Transform*), mesma hipótese enunciada pela Lei Acústica de Ohm. Para a teorização de seu método composicional a partir do agrupamento de grão sonoros, Xenakis a princípio desconsidera a duração do grão em seu modelo, pois dentro da escala microtemporal as durações são extremamente curtas. Portanto, serão consideradas apenas as propriedades frequência e intensidade. A partir das curvas de Fletcher e Munson, que representam a área audível de nosso sistema auditivo em relação às variáveis frequência (em Hertz) e intensidade (em decibels²⁵), Xenakis estabelece o local e a área ocupada pelos grãos, através da associação destas duas informações. Na Fig. 21 temos esta representação gráfica.

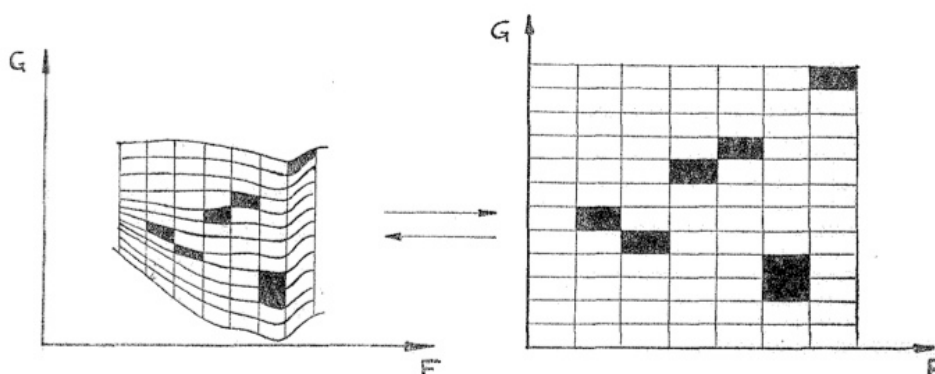


Fig. 21: Área audível ocupada por grãos em um instante (Frequência X Intensidade) (*Op. Cit.*, p. 67)

A partir desta representação, Xenakis nos propõe o conceito de trama (*trame*), a área total audível de nossa percepção, enquadrada em uma grade suficientemente densa e homogênea, na qual as células são (ou não são) ocupadas

sinusoïdaux sont infiniment rapprochées, brèves et complexes. Dans l'attaque d'un son complexe, dans son corps, dans sa chute, des milliers de sons purs apparaissent dans un intervalle de temps Δt assez court. Des hécatombes de sons purs sont nécessaires à la création d'un son complexe. Il faudrait imaginer un son complexe comme un feu d'artifice de toutes couleurs dans lequel chaque point lumineux apparaîtrait et disparaîtrait instantanément sur le ciel noir. Mais dans ce feu d'artifice il y aurait tellement de points lumineux et ils y seraient ainsi organisés que leur succession rapide et fourmillante créerait des formes, des volutes à déroulement lent ou au contraire des explosions brèves incendiaires de tout ciel. Une ligne lumineuse serait constituée par une multitude suffisante de points apparaissant et disparaissant instantanément (XENAKIS, *Op. Cit.*, p. 61).

²⁵ Cf. *Op. Cit.*, pp. 65 - 55.

por grãos (na Fig. 21, as células ocupadas por grãos estão pintadas de preto). O agrupamento ou sucessão de tramas (*carnet de trames*), com cada trama contendo diversos grãos sonoros com informações de frequência e intensidade (cada uma representando um instante diferente), gera o desenvolvimento temporal de um som complexo (Fig. 22).

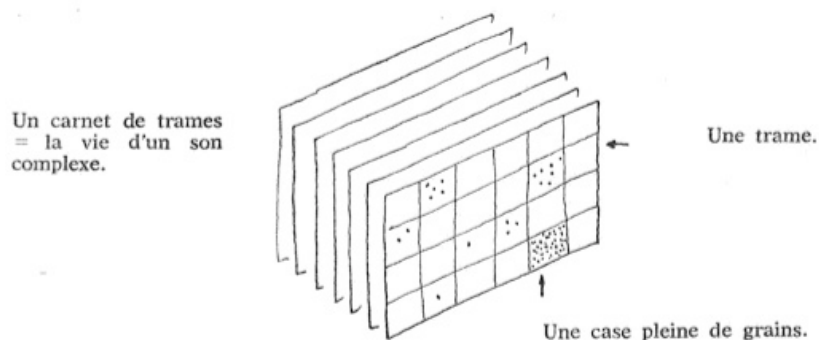


Fig. 22: Agrupamento de tramas: desenvolvimento temporal de um som complexo (*Op. Cit.*, p. 69)

Em relação às obras eletroacústicas nas quais Xenakis utiliza sua hipótese da natureza granular do som, em *Concret PH* ele realiza uma espécie de síntese granular analógica ao trabalhar com amostras de um som proveniente dos estalidos da queima de carvão, amostras estas com uma duração inferior a 0,1 segundo. O trabalho de Xenakis nesta peça consistiu em cortes da fita no tamanho correspondente à duração mencionada, além de sua justaposição em uma nova ordenação, retirando o som de seu contexto original e formando uma textura complexa. Os inúmeros fragmentos de fita foram juntados e organizados de acordo com diferentes estratégias de densificação. A seguir, apresentamos o sonograma de *Concret PH*, em que podemos visualizar sua distribuição espectral no tempo, na qual as frequências preenchem praticamente todo o espectro de nossa audição (de 20 a 20000 Hz). Neste contexto, fica aparente que a estratégia composicional desta peça passa pelas noções de nuvens de sons e densidades de grãos (DI SCIPIO, 1998; ROSSETTI, 2012).

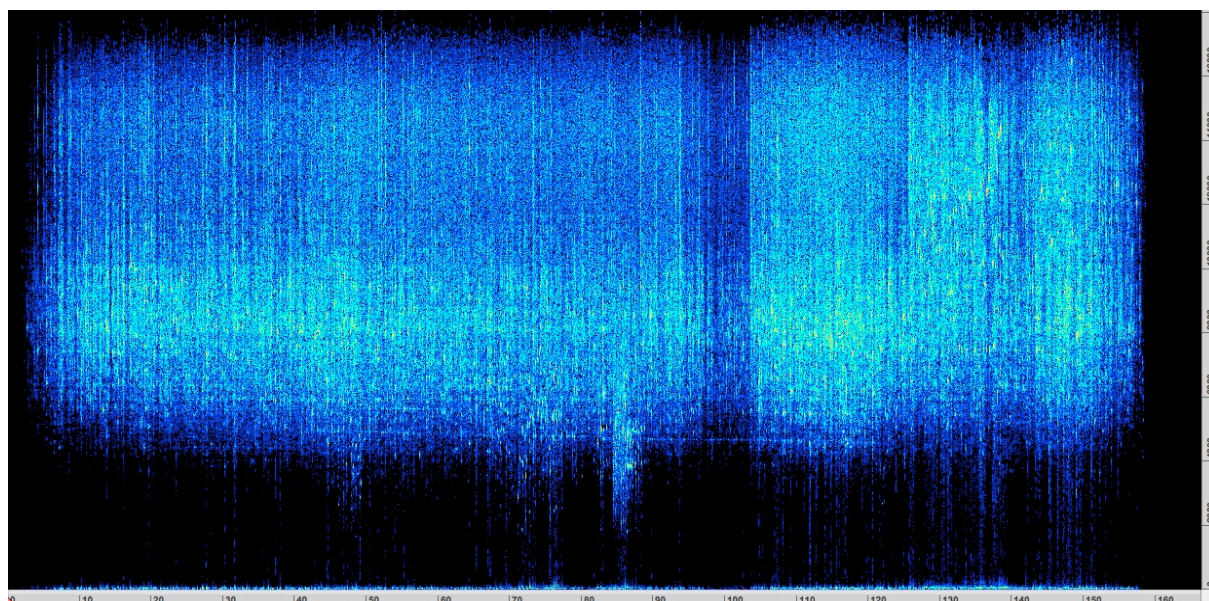


Fig. 23: Sonograma de *Concret PH* (1958)

Em *Diamorphoses* (1957), obra eletroacústica realizada no GRM de Paris, também é possível notar a abordagem do som como um fenômeno granular por parte de Xenakis (SOLOMOS, 2011). No entanto, como pode-se observar de acordo com o sonograma da peça (Fig. 23), os sons granulares são contrapostos a sons contínuos de longa duração, configuração esta que diferencia bastante a escuta desta obra em relação à *Concret PH*. O início da obra é marcado por um som grave contínuo de longa duração, contraposto a sons de trovões, além da presença de *glissandi* de sons metálicos (aqui encontramos a presença de sons com uma distribuição de parciais mais organizada, de acordo com uma proporção que apresenta certa harmonicidade). Por sua vez, o som grave e os sons de trovão mencionados apresentam configuração espectral próxima ao ruído, apresentando ainda uma distribuição espectral concentrada em uma banda de frequências específica. Na parte final da obra, a partir de 4', encontramos uma referência mais específica ao modelo granular, através da utilização do ruído branco, filtrado de diferentes maneiras, fazendo com que esse tipo de som seja percebido como possuindo “cores” diferentes. É importante frisar que estes ruídos que apresentam “cores” distintas possuem uma distribuição espectral que, como em *Concret PH*, preenchem grande parte do espectro de frequências audível. Na figura a seguir (Fig. 24), pode-se observar o sonograma de *Diamorphoses*.

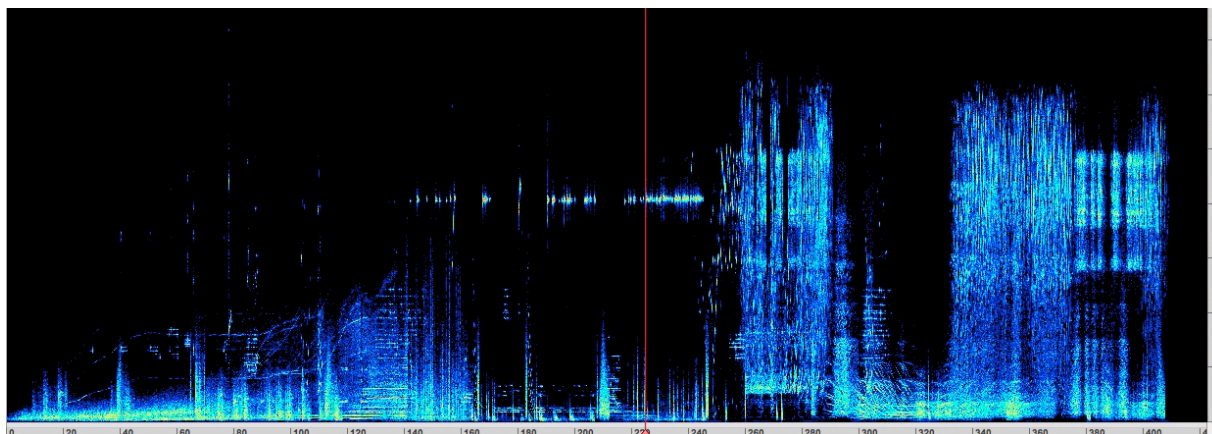


Fig. 24: Sonograma de *Diamorphoses* (1957)

1.4.2 Síntese granular

A síntese granular, de acordo com ROADS (2001, pp. 86 - 87), é um processo de automação que cria nuvens de sons a partir da sobreposição e da justaposição de inúmeros grãos, os quais possuem uma duração próxima ao limite inferior da audição humana (normalmente entre 1 e 100 milissegundos). Na síntese granular cada grão contém sua forma de onda, modulada a partir de um envelope de amplitude.

Tal como apresentado por Gabor em seu artigo “Theory of communication” (1946), cuja ideia foi retomada por Xenakis (1962), o grão possui uma informação temporal (instante de início, duração e envelope de amplitude) e uma informação frequencial (a altura do grão, em Hz, além de seu espectro frequencial). No geral, uma obra realizada a partir da síntese granular é uma sobreposição e justaposição de diversas nuvens sonoras, nuvens estas que podem ser criadas individualmente em tempo diferido ou geradas em tempo real.

Os parâmetros da síntese granular que normalmente mais se destacam auditivamente são a percepção de massa ou a altura do som resultante. No nível operatório da síntese, pequenas variações na duração do grão podem causar grandes variações no espectro da nuvem resultante. Grãos com duração menor de 25 milissegundos têm uma percepção de altura bastante fraca, prevalecendo a configuração do sinal sonoro como ruído. De maneira geral, quanto maior a duração do grão, com mais facilidade se ouve sua altura. No processo desse tipo de síntese pode-se utilizar diversas maneiras para a definição da duração do grão. Entre elas, pode-se definir uma duração constante para todos os grãos da nuvem, estabelecer

uma variação da duração do grão em função do tempo, optar por uma definição randômica de sua duração (definindo os limites inferior e superior da duração) ou mesmo associar a duração do grão à sua frequência fundamental.

Outro fator importante na configuração do grão é a sua forma de onda. Qualquer envelope dinâmico pode ser utilizado neste processo de síntese, no entanto os envelopes utilizados com mais frequência são os envelopes senoidais individuais ou a soma de duas ou mais ondas senoidais (síntese aditiva). Outras possibilidades são a geração da forma de onda por modulação de frequência ou a extração da forma de onda de um grão proveniente de um som gravado (ROADS, *Op. Cit.*, p. 90). Na formação de uma nuvem de sons, os grãos que a constituem podem ter uma, duas ou diversas formas de onda, sendo ainda possível estabelecer uma transformação gradual (interpolação) em função do tempo entre duas formas de onda (IDEM, p. 103).

Segundo Truax (1988, p. 18), outro importante compositor adepto da utilização de processos de síntese granular, a média da duração dos grãos, além da quantidade de *delay* utilizada no processo, determina a densidade geral dos eventos. Se a duração do grão for bastante menor que 50 milissegundos, o resultado perceptivo é a fusão dos grãos em uma textura contínua. Por outro lado, grãos com uma duração maior do que 50 milissegundos tendem a ser percebidos como eventos separados (este fator depende também da largura da banda de frequências estabelecida, em relação à altura dos grãos). Por volta de 50 milissegundos há um limiar entre a percepção de um contínuo formado por grãos que se fundem e a percepção de eventos separados, os quais podem saltar aos ouvidos.

Ressaltamos que em nossas experiências com procedimentos de síntese granular observamos que as afirmações de Truax devem ser tomadas de maneira relativa, considerando os equipamentos utilizados por ele. Os processos de síntese granular envolvem inúmeros parâmetros que podem ser programados. Com a grande quantidade de softwares, *patches* e sintetizadores que realizam processos granulares (com diferentes configurações) atualmente, a quantidade de resultados obtidos é muito grande e impossível de ser classificada de maneira estrita. De fato, o que se percebe auditivamente, tal como Roads afirmou, é que na medida em que diminuimos o tamanho do grão (abaixo de 80ms), mais próxima sua escuta se aproxima do ruído (devido à preponderância dos transientes de ataque do som). Na

medida em que o tamanho dos grãos aumenta (em nossas experiências, acima de 100ms), é mais fácil perceber uma ou mais alturas específicas.

Ainda de acordo com os procedimentos empregados por Truax (1988), em relação à geração da forma de onda do grão por modulação de frequência, a frequência da onda modulante é o inverso da duração do grão, acrescido ao tempo de *delay*. Por exemplo, um grão com duração de 15 milissegundos somado a um *delay* de 5 milissegundos, geram uma modulação de 50Hz. Por fim, o tempo de *delay* contribui como um parâmetro de densidade. *Delays* com valores muito baixos (até 50 milissegundos) são percebidos como uma variação tímbrica, por outro lado, acima deste valor, os eventos resultantes passam a ser percebidos como variações rítmicas, que tendem a ecoar de forma mais longa quanto maior for a taxa de reinserção de sinal no sistema (*feedback*)²⁶.

Sobre a distribuição dos grãos, sua duração e o estabelecimento de um ritmo a partir de um tempo de *delay* estabelecido, Truax (1990, p. 130) afirma que se os grãos que compõem uma nuvem tiverem uma frequência similar, o resultado da síntese é um som com uma altura definida, mas se as frequências dos grãos forem distribuídas em uma banda de frequências mais larga, o resultado sonoro passa a ser mais rico texturalmente, não podendo mais ser identificada apenas uma única altura. Em outras palavras, neste caso, a percepção do som se desloca do âmbito frequencial para um âmbito textural, textura esta que nos transmite uma sensação de espaço e de volume. Se a duração dos grãos for similar, o timbre e o espectro de frequências do som resultante é mais rico, devido ao fenômeno da modulação de amplitude. Ainda, se for adicionado um *delay* entre os grãos, tendo seu valor temporal aumentado gradualmente, alguns grãos tendem a se destacar da nuvem de sons, grãos estes que tendem a ser percebidos em destaque, através de relações rítmicas. Especificamente sobre a questão do *delay*, para que estes grãos percebidos ritmicamente não se tornem absolutamente previsíveis com o passar de alguns segundos, é importante utilizar diferentes valores temporais para a definição do tempo do *delay*, valores que podem ser atribuídos a diferentes pontos da nuvem. É interessante que a transição entre estes valores tenha um tempo de interpolação,

²⁶ No geral, concordamos com as afirmações acima, apenas acrescentamos que, conforme experiências realizadas e abordadas no Capítulo II desta tese, o limite perceptivo entre variações tímbricas e rítmicas obtidas através do tratamento de *delay* se situa por volta de 70ms, valor que pode variar dependendo da morfologia do som utilizado.

com o intuito de que esta transição não seja abrupta. Por esta razão, cria-se uma textura sonora ritmicamente rica, cuja transição entre os ritmos é gradual e não percebida auditivamente como uma sonoridade que se destaca de forma inoportuna.

O parâmetro de densidade implica na quantidade de grãos por segundo. A fim de que, a partir deste parâmetro, seja possível modificar a percepção global da massa sonora, é preciso que ele esteja ligado ao parâmetro da duração dos grãos. Segundo Roads (*Op. Cit.*, pp. 105 - 106), a duração dos grãos e densidade combinados produzem um tipo de textura. Em uma possível escala de densidade, menos de 15 grãos por segundo geram uma percepção rítmica. Entre 25 e 50 grãos por segundo a sensação rítmica desaparece, havendo a sensação de uma vibração ou tremulação. Entre 25 e 50 grãos por segundo, a ordem dos grãos desaparece e os limites frequenciais inferiores e superiores da nuvem podem ser percebidos. Entre 50 e 100 grãos por segundo, na medida em densidade aumenta, não se percebe mais uma aceleração temporal na emissão dos grãos, mas um acréscimo de quantitativo no fluxo de grãos, traduzido auditivamente em uma textura compreendida em uma banda de frequências. Se esta banda de frequências for superior a um semitom, não discernimos frequências individuais. Acima de 100 grãos por segundo percebemos uma massa sonora contínua em que não há espaço entre os grãos.

Em 1995, enquanto trabalhava no *Les Ateliers UPIC* de Paris, Roads, juntamente com John Alexander, criou o programa *Cloud Generator*, um sintetizador e um granulador implementado em código C, que atingiu ampla aceitação por parte dos compositores e contribuiu para a difusão das técnicas da síntese granular. Na Fig. 25, apresentamos a representação por diagrama de blocos de um simples sintetizador granular, contendo um envelope dinâmico do grão e a geração senoidal de sua forma de onda além de, na sua saída, a possibilidade de espacialização do som em diversos canais.

A Fig. 25, tal como a Fig. 18, é uma representação de um sintetizador por diagrama de blocos. Nela, temos dois *unity generators* (objetos nos programas Max e PD). No primeiro, no topo da figura (*env. gen.*), são introduzidas três informações: a amplitude do grão, sua duração e o envelope de amplitude do grão. No segundo, um oscilador (*osc.*), são introduzidas as três informações do primeiro objeto, além da frequência do grão e a sua forma de onda (neste caso uma onda senoidal). Na

sequência, o sinal é encaminhado para a saída do sistema, onde é definida a quantidade de canais e a forma de sua espacialização.

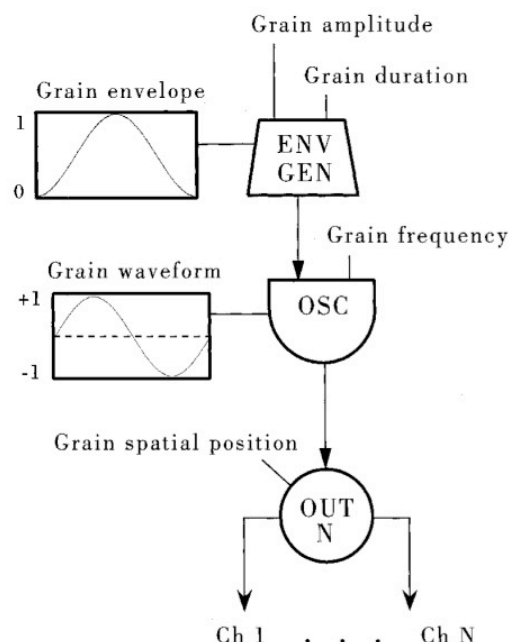


Fig. 25: Gerador de grãos, da forma mais simples possível (ROADS, *Op. Cit.*, p. 91)

De acordo com Roads (*Op. Cit.*, p. 91), as formas principais da síntese granular, classificadas segundo a forma de organização dos grãos, são as seguintes: (I) matrizes e telas²⁷ (tramas) em um gráfico Tempo X Frequência; (II) fluxos sobrepostos de alturas sincronizadas; (III) fluxos sincronizados ou quase sincronizados; (IV) nuvens assíncronas; (V) modelos físicos ou abstratos; e (VI) granulação de um som gravado. Neste trabalho, abordaremos as formas de síntese granular sincronizada e assíncrona, além da granulação de sons gravados.

Na síntese granular sincronizada, o fluxo dos grãos funciona através de um espaço periódico regular entre eles, possivelmente definido por um valor de *delay*. Este tipo de síntese granular tem seu interesse justamente na produção de sons com uma métrica regular, já que os grãos são separados por durações idênticas. Neste caso, o parâmetro densidade controla a taxa de emissão dos grãos, sendo que a quantidade de grãos por segundo pode ser interpretada como um valor de frequência, em Hz. Uma densidade de dez grãos por segundo, por exemplo, indica uma frequência de 10Hz. Como já mencionado, densidades de valores de até

²⁷ Do inglês *screen*.

16 ou 20 grãos por segundo geram uma percepção rítmica, acima deste valor, uma percepção de altura.

Na síntese granular assíncrona, a qual acreditamos ser um tipo de síntese que gera resultados esteticamente bastante interessantes, por sua vez, trabalhamos com as seguintes variáveis: (I) tempo de início e duração da nuvem sonora; (II) duração dos grãos (que pode variar ao longo da evolução temporal da nuvem); (III) densidade de grãos por segundo (que também pode variar ao longo do tempo); (IV) banda de frequências da nuvem, que pode ser restrita a algumas alturas escolhidas ou definida através de curvas que delimitam os valores frequenciais máximo e mínimo; (V) envelope de amplitude da nuvem; (VI) forma de onda dos grãos (no limite, cada grão pode ter uma forma de onda diferente); e (VII) espacialização da nuvem sonora em um espaço físico de difusão, definido pela quantidade e posição dos alto-falantes (ROADS, *Op. Cit.*, pp. 93 - 97).

A última forma de síntese granular que abordaremos, a granulação, consiste na técnica de repartir um sinal sonoro em inúmeros grãos sendo que, após a segmentação, os sons decupados podem ser transformados e reordenados de diversas maneiras. As variáveis da granulação são semelhantes às já apresentadas nos outros tipos de síntese granular. Neste método, Roads (IDEM, p. 188) enumera as seguintes variáveis: (I) seleção da ordem de entrada do fluxo: do canal esquerdo para o direito, do direito para o esquerdo, ou randômico; (II) transposição dos grãos em semitons; (III) amplitude dos grãos; (IV) posição espacial dos grãos; (V) trajetória espacial dos grãos; (VI) duração dos grãos; (VII) densidade de grãos; (VIII) forma do envelope dinâmico dos grãos; (IX) padrão temporal da nuvem (sincronizada ou assíncrona); e (X) possíveis efeitos que podem ser aplicados ao sistema, tais como filtros, reverberação, *delays*, etc.

Riverrun (1986) é uma obra acusmática de Berry Truax, realizada através da síntese granular no equipamento DSP (*digital signal processor*) DMX-1000, que funcionava com os programas GSX e GSAMX, os quais realizavam um tipo de síntese granular em tempo real. Nesta obra, os grãos são obtidos de três formas: síntese aditiva de sons senoidais (controlando parâmetros de frequência do grão e sua duração), síntese por modulação de frequência (parâmetros controlados da razão entre a onda portadora e a onda modulante - p/m -, frequência portadora, duração e máximo índice de modulação para os grãos) e amostras de áudio com uma duração específica (parâmetros estabelecidos do momento de início e duração

do grão - *offset*). No caso da modulação de frequência, o mesmo envelope dinâmico é utilizado para as ondas portadora e modulante. Em relação ao número de vozes simultâneas, no caso da síntese aditiva, são possíveis até vinte, e na modulação de frequência, até oito. Ademais, foi utilizada uma estratégia de densidade dos grãos para obra, em que quanto menor a duração do grão, maior a densidade de grãos por segundo, sendo a menor duração dos grãos utilizada foi de 8 milissegundos (TRUAX, 1988, p. 14 - 15).

Ainda sobre as variáveis de controle, a síntese aditiva e a modulação de frequência possuíam uma frequência central e um âmbito de frequências possível (*frequency range*). Para todas formas da síntese granular foi estabelecida uma média da duração dos grãos, a média do seu âmbito frequencial, além de um tempo de *delay* entre os grãos. Especificamente sobre os grãos obtidos por granulação de amostras de áudio, havia a possibilidade de realizar a transposição das alturas dos grãos. Uma estratégia de “rampas” ou interpolações (*ramps*) entre os parâmetros de controle foi implementada no programa controlador da síntese, com o intuito de estabelecer uma taxa de modificação dos parâmetros. As interpolações poderiam estabelecer combinações entre quaisquer variáveis de controle. Máscaras de tendência (*tendency masks*) são outra estratégia implementada por Truax para a interpolação dos valores. São controles gráficos que controlam a interpolação no tempo, através da área de formas geométricas (*Op. Cit.*, pp. 17 - 19).

Todas as nuvens de grãos foram geradas em tempo diferido e sequenciadas num programa de áudio multipistas, em pares *stereo*, totalizando oito canais que, posteriormente, foram mixados. Sobre a percepção geral da peça, é possível determinar uma divisão formal em cinco partes (vide sonograma, Fig. 26). A primeira parte, de fato, é a que apresenta uma sonoridade exclusivamente granular, de grande interesse, com grãos gerados majoritariamente através da síntese por modulação de frequência. No entanto, nas outras quatro partes, sons contínuos são percebidos, principalmente na região grave, sons estes que, pelas suas características, provavelmente foram gerados por síntese aditiva ou modulação de frequência, em sobreposição aos sons granulares. Não encontramos esta informação nos textos do compositor que abordam a obra, textos estes que abordam exclusivamente o processo de síntese granular. É possível também observar claramente no sonograma a evolução temporal das nuvens de sons, que são dinâmicas. Esta movimentação é possível de ser obtida pela utilização dos

parâmetros de interpolação de variáveis no tempo. Abaixo, apresentamos o sonograma de *Riverrun*, bastante plástico visualmente, o que supostamente revela uma preocupação estética de Truax na transposição de formas espaciais (visuais) para formas temporais (auditivas).

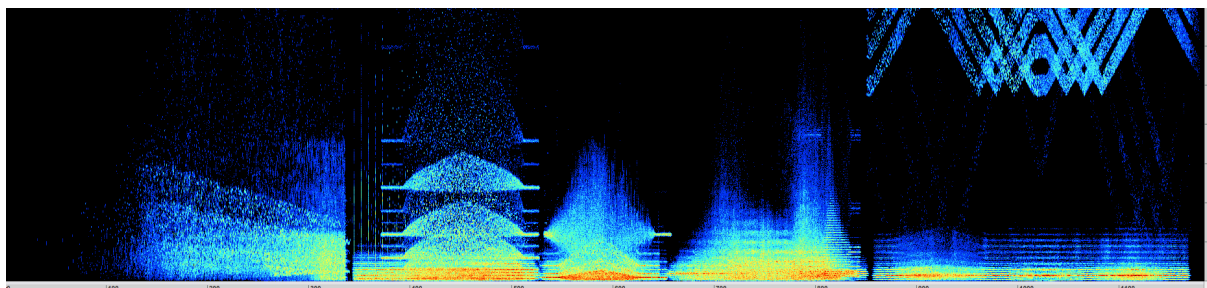


Fig. 26: Sonograma de *Riverrun* (1986)

1.4.3 Micromontagem

A micromontagem é uma técnica cuja ideia deriva do processo de montagem cinematográfica, que consiste em cortar trechos das filmagens originais e reagrupá-los e reordená-los numa nova sequência e/ou contexto, que pode ser semelhante ou distinto daquele das tomadas originais. A ideia de montagem cinematográfica primeiramente foi levada para o contexto musical por Pierre Schaeffer através do advento da *musique concrète*, no final dos anos 1940²⁸. Estudos musicais foram realizados por ele, nos quais as gravações de áudio eram decupadas, editadas, processadas em equipamentos de estúdio e, por fim, o resultado deste trabalho era gravado novamente em fita magnética, resultando em uma nova ordem e outro contexto. Todo este processo tinha como objetivo modificar o plano perceptual dos sons originais, com o intuito de deslocar o ouvinte da relação direta entre o som e sua fonte sonora causadora, além de despertar o interesse no ouvinte em relação à apreciação estética das características internas do som, o *entendre*, terceira categoria das tipologias de escuta de Schaeffer (1966).

A técnica de micromontagem é, da mesma forma, uma montagem de um material anteriormente fixado em suporte, porém esta montagem acontece com amostras de áudio muito pequenas, de durações inferiores a 100 milissegundos. A micromontagem e a síntese granular são processos similares. Roads (2005, p. 299)

²⁸ Para maiores informações sobre o advento da música concreta, Cf. SHAEFFER, 2010.

diferencia as duas técnicas de seguinte forma: A micromontagem se configura como um trabalho artesanal do compositor, que reordena temporal e espacialmente amostras de áudio de ínfimas durações, numa manipulação direta do material sonoro; a síntese granular, por sua vez, é um processo de automação, no qual as variáveis do processo são informadas ao sistema, que realiza a difusão.

A seguir, na Fig. 27, apresentamos um exemplo realizado através do software *CARL*, escrito em linguagem C, referente à obra *Tar* (1987) de Horacio Vaggione, compositor que se utiliza amplamente da micromontagem na composição de suas obras eletroacústicas. O código apresentado revela informações a respeito da técnica de micromontagem realizada pelo compositor. Os arquivos de áudio utilizados são definidos da seguinte maneira: seus nomes estão presentes na coluna *start*; o seu ponto temporal de início é definido na coluna da esquerda, em décimos de segundo; sua duração, em centésimos de segundo, é estipulada na coluna *duration*; sua amplitude (de 0 a 1) está presente na coluna *amp*; e sua localização espacial, em quadrifonia, definida na coluna *location* (valor 1 indica o alto-falante que difunde o som referido, enquanto o valor 0 define o silêncio). Toda esta escrita em código se refere a um trecho da peça de duração inferior a um segundo.

(c)				
		start	duration	amp location
;				
note	0	keyfig1	.58	1. 0 0 1 0;
note	0	specat1	.43	.8 1 0 0 1;
note	.5	keyfig2	.34	.5 0 1 0 0;
note	.5	flowbis	.16	1. 1 0 1 0;
note	.8	keyfig3	.50	.4 0 1 0 1;
note	.1	harmoa	.16	1. 0 0 1 0;
note	.3	specat3	.58	1. 0 1 1 0;
note	.9	specat1	.43	.6 1 0 0 1;
note	.5	flowbis	.8	.5 0 1 0 0;
note	.5	flowbis2	.19	.8 0 0 1 0;
note	.5	keyfig3	.50	.9 0 0 0 1;
note	.7	harmob	.16	1. 0 0 1 0;
...				

Fig. 27: Trecho em *CMusic* do código de *Tar* (1987), de Vaggione (VAGGIONE, 2010, p. 64)

Vaggione também se utiliza do procedimento de micromontagem através do manuseio direto com arquivos de áudio (segmentados em durações muito pequenas) em *softwares* de edição e mixagem de áudio, técnica que pode ser observada em grande parte de sua produção acusmática. Em *Schall* (1995), obra

analisada em detalhes no Capítulo III, a articulação através da micromontagem é obtida a partir de sons de piano gravados. Em *Nodal* (1997), obra também composta por Vaggione, os sons gravados se referem a diversos instrumentos de percussão que, além de serem articulados no nível microtemporal, são submetidos a tratamentos como *phase vocoder* e convolução, além de terem sua forma de onda deformada de diversas maneiras (*wave-shaping*).

Em *Nodal*, assim como que em grande parte de suas obras a partir dos anos 1990, Vaggione cria uma camada sonora textural através da micromontagem, em que sons granulares são justapostos e sobrepostos, se movimentando continuamente no tempo e no espaço. Esta camada, que normalmente tem uma intensidade sonora reduzida, funciona como fundo sobre o qual se sobrepõem outras figuras e gestos sonoros, de maior intensidade, que ganham destaque no panorama auditivo geral (ROADS, 2005). Como pode-se observar no sonograma da obra (Fig. 28), a textura granular, que abarca grande parte do espectro de frequências audível, está constantemente presente, com uma intensidade média. Gestos de maior energia se contrapõem a esta textura contínua, gerando uma movimentação rítmica à obra, que ganha um movimento em nível mesoescalar.

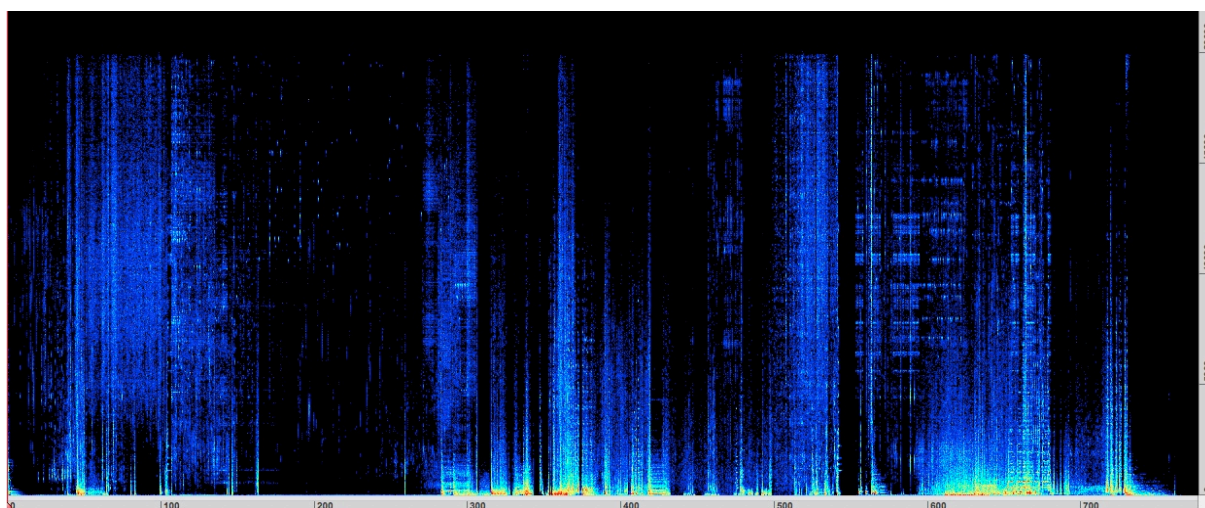


Fig. 28: Sonograma de *Nodal* (1997), de Vaggione

1.4.4 Descorrelação microtemporal

A descorrelação microtemporal é um processo no qual uma fonte de sinal sonoro é transformada em múltiplos sinais, na saída de um sistema. As formas de onda resultantes do processo são aparentemente diferentes entre si, no entanto

soam de maneira similar ao sinal fonte. A descorrelação trata-se, portanto, de pequenos desvios de alinhamento temporal entre os sinais resultantes do processo e o arquivo original. Estas pequenas diferenças produzem uma sensação de espaço e movimento, que podem ser reguladas de acordo com os seguintes parâmetros: tempo de defasagem entre os canais (em milissegundos) e direção do som dentro de um plano de 360°, parâmetro que produz um movimento no qual um som pode se dirigir de um canal a outro (KENDALL, 1995; VAGGIONE, 2002; SÊDES, 2015).

No ambiente acústico, a descorrelação ocorre como resultado de processos tais como reverberação e *chorus*. Nos processos de síntese pode-se atribuir pequenas defasagens nos canais de saída, algo comum na síntese granular, que também é possível de ser realizada nos processos de síntese aditiva ou modulação de frequência. Processadores de efeito (analógicos ou digitais) – tais como *flanger*, *phasing*, *combing* – podem produzir uma descorrelação no som tratado em relação ao sinal original.

É comum também em estúdios de gravação um cantor gravar sua voz em duas pistas sobrepostas, procedimento que cria descorrelação, devido à variações microtemporais entre os dois arquivos (KENDALL, 1995, p. 71). Neste contexto, afirma-se que a descorrelação de um sinal provoca uma sensação espacial no ouvinte, sensação esta que tem propriedades estéticas e, de maneira geral, pode ampliar o interesse na escuta de um som específico. Também é importante notar que a descorrelação é um fenômeno bastante presente na experiência sonora cotidiana. De maneira geral, a descorrelação sempre ocorrerá quando houver movimento da fonte sonora e superfícies que refletem os sinais sonoros, além do fato de que um som nunca chega exatamente no mesmo instante aos dois ouvidos (há uma diferença entre 5 µseg. e 1.5 ms.). Há o fenômeno na descorrelação, por exemplo, no som de folhas e galhos em movimento devido ao vento, ou também nos aplausos que ocorrem dentro de um auditório.

Em um ambiente de estúdio, segundo Kendall (*Op. Cit.*, pp. 72 - 73), a maneira mais simples de se obter sinais descorrelacionados é através da convolução²⁹. Com a finalidade da produção de dois sinais sonoros com uma

²⁹ A convolução é uma operação matemática ligada à transformada de Fourier e aos domínios de tempo e frequência de dois sons distintos. Em processos digitais de áudio, a convolução é uma operação que multiplica os valores do espectro de dois sons, relativos aos seus domínios temporal e frequencial originando um novo som a partir dos valores obtidos (Cf. ROSSETTI, FERRAZ, 2016, pp. 83 - 84).

medida de correlação específica³⁰, um sinal de entrada pode ser convolucionado com outro sinal com o qual possui uma correlação. A convolução pode ser realizada através de um filtro de resposta ao impulso finita (*finite impulse-response filter*), sendo que as propriedades dos sinais podem servir como os parâmetros do filtro. Os sinais resultado da convolução estarão correlacionados em um nível bastante próximo dos sinais originários e não terão alteração no seu timbre, já que estes filtros não realizam cortes de frequência. É importante observar também que, para a preservação do mesmo timbre, os sinais obtidos devem ser espacializados em canais diferentes. Caso os sinais descorrelacionados sejam agrupados em um mesmo canal, efeitos de *phasing* ou *flanging* ocorrerão, efeitos estes derivados de um *delay* temporalmente bastante curto entre os arquivos de áudio, provocando uma alteração da percepção do timbre.

Efeitos acústicos tais como a reverberação (natural ou artificial) são um caso em que a descorrelação microtemporal se faz presente, através da existência de um campo espacial sonoro difuso, gerando uma alteração na percepção do timbre resultante. Há alteração no timbre porque as ondas sonoras refletidas no ambiente (real ou virtual) chegam aos nossos ouvidos com defasagens microtemporais, diferentes intensidades e, muitas vezes, com espectro de frequências alterado. Segundo Kendall (*Op. Cit.*, p. 78), esta alteração do timbre pode se dar de duas maneiras: como coloração ou como combinação (*combing*, filtro pente), ou seja, a combinação de dois ou mais sinais com um *delay* bastante curto. A coloração pode ser descrita como uma mudança na “cor” do som percebida, ou seja, uma alteração no seu conteúdo espectral, já a combinação induz a percepção de uma altura cuja frequência é proporcional ao tempo de *delay* presente no processo de combinação (*combing*).

Horácio Vaggione é um compositor que habitualmente se utiliza de processos espaciais de descorrelação na composição de suas obras. No seu entender, a criação de um tecido de descorrelações (*tissu de décorrélations*) é algo verdadeiramente interessante como estratégia composicional. Este tecido é criado através da superposição de arquivos *stereo* que apresentam conjuntos de sons com descorrelações específicas de distintas fontes sonoras, gerando no ouvinte uma

³⁰ A correlação entre dois ou mais sinais possui uma escala de medidas contínua entre os valores de -1 e 1, sendo 0 a coincidência temporal e espacial entre os sinais (KENDALL, *Op. Cit.*, p. 72).

percepção de um campo sonoro difuso, em que há uma multiplicidade em relação ao espaço e ao movimento dos sons.

Segundo o compositor, são necessárias três condições para que se possa realizar operações de descorrelação em um processo de composição: I) Fazer réplicas de um arquivo de áudio inicial e distribuí-las em pistas diferentes de um *software* multipistas de edição de áudio. II) Construir uma polifonia espacial. A separação física em canais diferentes impede que as relações microtemporais atuem no domínio frequencial, através da produção de efeitos como *phasing*, *flanger*, etc. As diferentes pistas com os arquivos de áudio descorrelacionados temporalmente devem ser endereçadas a diferentes alto-falantes que, por sua vez, devem ter uma distribuição espacial definida (quadrifonia, octofonia, 5.1, etc.). III) Trabalhar no domínio do microtempo. As escalas de valores utilizadas na descorrelação devem se situar no domínio do microtempo, com valores, por exemplo, entre 0 e 100 milissegundos. Valores temporais muito altos não geram os efeitos desejados (VAGGIONE, 2002, p. 5).

Ainda neste processo, os sons replicados pode ser tratados através de filtros ressonantes, adicionando às réplicas uma “coloração” específica. Diferenças tímbricas entre o som original e as réplicas aportam um interesse qualitativo na percepção espacial. Outro procedimento interessante perceptivamente (neste caso em ambiente eletroacústico) é a aplicação de um procedimento de reversão do som nas réplicas, sempre preservando uma ou mais fontes originais intactas. Neste caso, obtém-se um cruzamento temporal da direcionalidade de evolução do timbre (VAGGIONE, *Op. Cit.*, p. 7).

Dentro da biblioteca HOA (*High Order Ambisonics Library*) - desenvolvida no *Centre de recherche Informatique et Création Musicale* da *Université Paris 8* - que opera a partir dos *softwares* *MaxMSP* ou *PureData*, o efeito da descorrelação microtemporal pode ser obtido através do objeto *process~hoa.fx.decorrelation~* que, a partir de uma fonte sonora mono, cria descorrelações microtemporais desta fonte tendo como saída a quantidade de canais que desejarmos. Realizamos um processo de descorrelação através deste objeto no programa *Max MSP*, utilizando como fonte um som mono gravado de uma caixa clara que, no resultado do processo, foi descorrelacionado temporalmente e espacializado em quatro canais. Na Fig. 29 apresentamos a representação no domínio temporal do arquivo mono (na esquerda

da figura) e as quatro pistas da saída do sistema, com os sons idênticos ao da fonte descorrelacionados microtemporalmente.

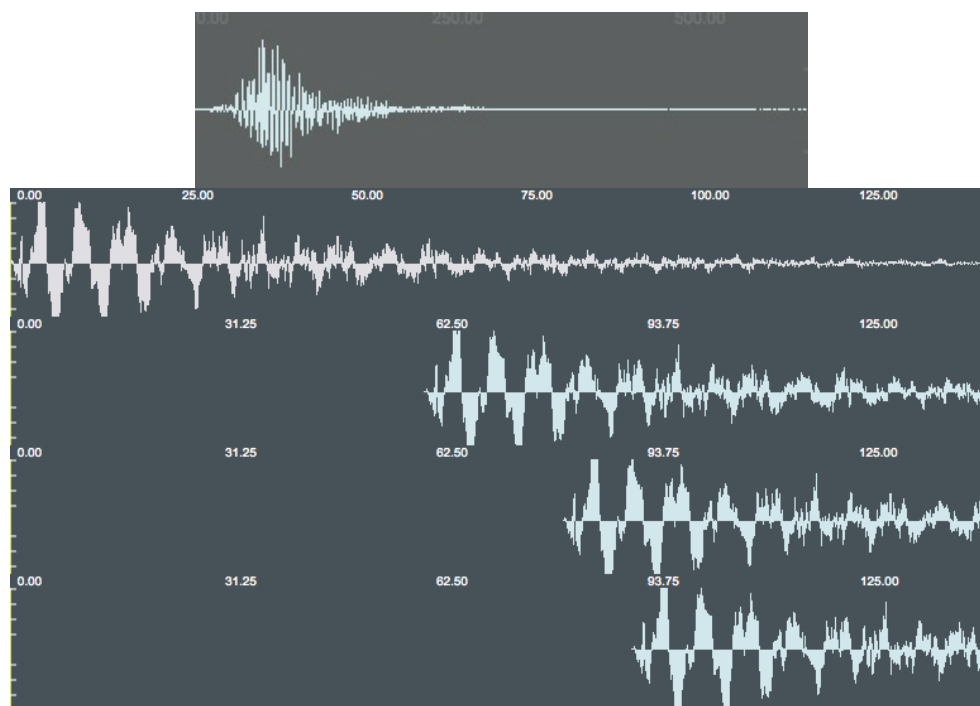


Fig. 29: Fonte sonora mono e processo de descorrelação microtemporal, em quatro canais

Neste exemplo, o intervalo total da descorrelação microtemporal, em quatro canais, se dá em por volta de 90ms, intervalo temporal claramente perceptível auditivamente. Este mesmo exemplo poderia ser realizado manualmente num *software* editor de áudio multipistas, algo que também poderia ser caracterizado como um procedimento de micromontagem. A vantagem de realizá-lo em *Max* ou *PureData* é a possibilidade de implementar este efeito de forma automatizada e em tempo real, por exemplo, como um tratamento utilizado em uma composição mista.

A seguir (Fig. 30), reproduzimos o *patch* criado em *Max* para este processo de descorrelação, em que podemos observar a fonte sonora mono (à direita), que é executada através do objeto *sfplay~*. Este objeto é conectado ao codificador do sinal em ambissonia, neste caso de ordem 3 (três harmônicos positivos e três negativos, além do harmônico 0, o som original). A saída do codificador, em sete canais, é enviada ao objeto *hoa.2d.process~fx.decorrelation~*, que realiza o processamento da descorrelação. Como parâmetros desse processamento, definimos o fator de difusão da descorrelação entre os canais, o índice de criação de um campo sonoro difuso (*diffused factor*, entre 0 e 1) com o

valor 1, e o *delay*, em *samples* (amostras), entre os arquivos descorrelacionados (até 196.000), com o valor de 4.410 amostras (100ms). A seguir, os sinais são enviados ao decodificador dos sinais, neste caso em modo de ambissonia irregular (quando os alto-falantes não estão exatamente espaçados num plano de 360°), para a definição de uma espacialização em 4 canais.

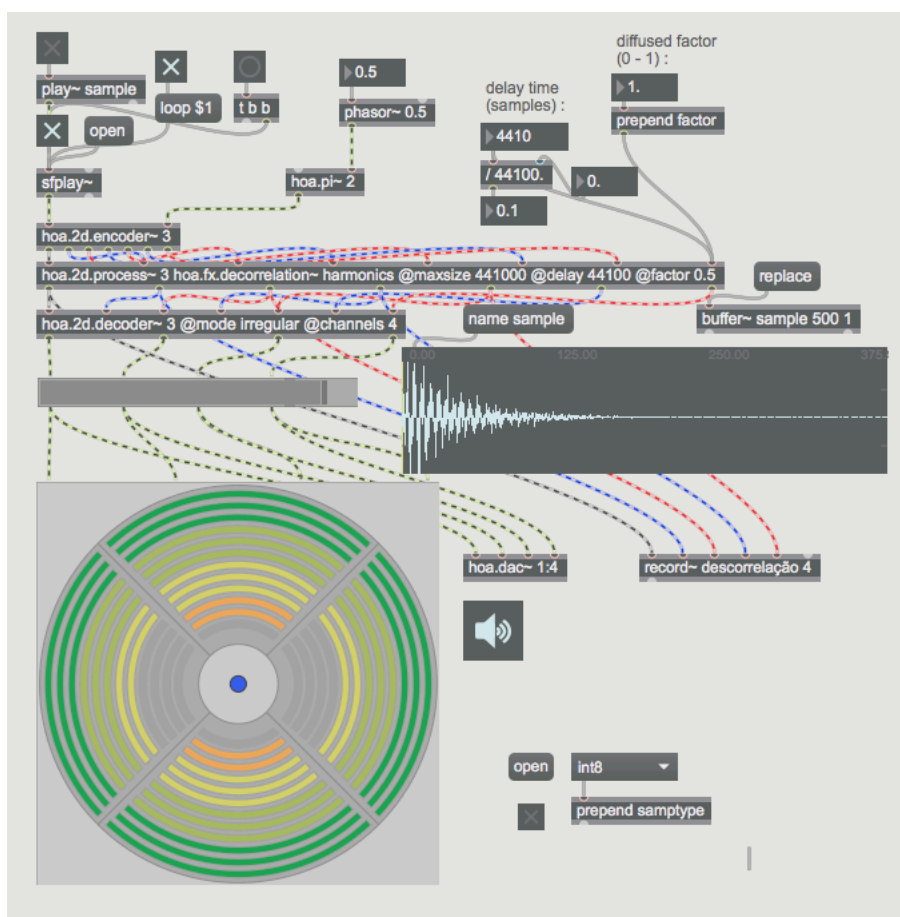


Fig. 30: Processo de descorrelação microtemporal realizado em Max com objetos da biblioteca HOA

Neste capítulo, procuramos esboçar uma dualidade complementar e não exclusivista entre processos de criação sonora calcados nos modelos sonoros ondulatório e granular, em analogia à dualidade entre partículas e ondas presente na mecânica quântica. Discutimos alguns dos principais processos microtemporais de síntese e composição ligados a estes dois modelos, sempre procurando ligá-los a exemplos musicais. No Capítulo II, discutiremos as ideias de forma, tempo e percepção em escala macrotemporal decorrentes desses processos microtemporais empregados.

Capítulo II

Morfologias resultantes de processos microtemporais e suas qualidades perceptivas

As noções de percepção, tempo e forma são importantes dentro do estudo dos processos composicionais como categorias do fluxo musical, assim como também para o entendimento de como estas ideias são apreendidas por um ouvinte. A música, como comumente se afirma, é uma arte temporal, já que o fluxo sonoro se dá no tempo. No entanto, a noção de espaço não está distante de um processo de composição musical, podendo ser pensado de diversas maneiras. Um espaço metafórico pode ser imaginado em relação às alturas musicais, presentes no eixo vertical de uma partitura. A partitura, por sua vez, é uma representação espacial da música, que apresenta os eixos tempo e altura. Existe ainda a possibilidade de se distribuir espacialmente os músicos no ambiente de execução de uma obra, fazendo com que as fontes sonoras (músicos) se situem em diferentes lugares do campo audível. Uma outra possibilidade é a espacialização do campo audível utilizando um sistema de alto-falantes que, neste caso, podem difundir uma obra acusmática ou a parte eletrônica de uma obra mista formando, por exemplo, uma quadrifonia ou uma octofonia. Neste capítulo, discutiremos diferentes noções de forma, permeadas de considerações a respeito do tempo e da percepção.

A forma, em linhas gerais, é um processo de individuação que ocorre através da interação espaço-temporal dos elementos utilizados num processo musical. Como veremos, ela pode ser pensada como um jogo de forças internas oriundas dos processos e materiais empregados. A adoção da noção de forma como resultado de um processo de individuação se justifica devido ao “rompimento” por parte dos compositores, a partir do início do século XX, em relação à utilização das formas musicais “clássicas”. Estas formas consideradas clássicas, tais como as formas sonata, suítes de danças, variações, sinfonias, concertos, prelúdios, etc., possuem uma estruturação preestabelecida, funcionado de acordo com um modelo a ser preenchido, permitindo alguma possibilidade de variação dentro destes esquemas. Desta maneira, ao se escutar uma obra baseada nas formas clássicas mencionadas, pode-se intuir o que virá, baseando-se na memória do que se ouviu anteriormente. A música ao longo do século XX se distancia desta causalidade

formal, ao passo em que a forma torna-se algo único e independente de um processo ou modelo definido de antemão.

Como consequência, os processos criativos musicais terminaram por se apoiar em estudos sobre tempo, forma e percepção oriundos de outros domínios do conhecimento, tais como a filosofia e a ciência. Procuramos, neste capítulo, trazer algumas teorias que abordam esses domínios fora do contexto musical, que também nos auxiliam a pensar a música de nosso tempo. Como referência principal, utilizamos os autores Gilbert Simondon, Francisco Varela, Henri Bergson, Gaston Bachelard e René Thom, passando ainda pela fenomenologia de Edmund Husserl e Maurice Merleau-Ponty, além da noção dos processos irreversíveis de Ilya Prigogine, esta última fundamentada na termodinâmica. De maneira geral, o fundamento epistemológico das teorias de Simondon, Varela, Bachelard e Thom é a física quântica do início do século XX, no caso de Simondon em conjunto com a cibernética e a teoria da informação, tais como as proposições de Norbert Wiener.

Em relação à percepção, destacamos neste capítulo as noções de individuação, metaestabilidade e modulação propostas por Simondon, além das categorias de saliência (*saillance*) e pregnância (*prégnance*) cunhadas por Thom em seus estudos semiológicos. As saliências seriam as descontinuidades, rupturas e transitoriedades perceptivas, enquanto que as pregnâncias seriam as estabilidades morfológicas com tendência à difusão e amplificação. Abordamos também sua teoria das catástrofes, propondo sua aplicação aos processos perceptivos por um viés que afirma a descontinuidade morfológica destes processos. Após este estudo teórico, apresentamos uma análise dos processos composicionais temporais e formais de quatro compositores: Karlheinz Stockhausen, György Ligeti, Gérard Grisey e Horacio Vaggione, os quais aportaram (e ainda aportam, no caso de Vaggione) importantes contribuições em relação a estes temas, seja no campo prático composicional, seja no campo teórico, através de artigos e livros publicados.

2.1 Simondon: Percepção, informação e modulação

Aqui, abordaremos o discurso do filósofo Gilbert Simondon (1924 - 1989) em relação às suas considerações sobre a percepção auditiva e suas qualidades, além das percepções de tempo e espaço, fundamentais para o entendimento destas

categorias de base sobre as quais a música se organiza. Em adição, trataremos da concepção de Simondon sobre os seres vivos como organismos moduladores, nos quais a percepção tem o papel de mediadora entre a sua organização interna e as informações provenientes do meio exterior, além dos tipos de amplificação e organização destas informações.

Para Simondon sensação e percepção são duas atividades complementares que indicam o processo de individuação de um sujeito em relação ao mundo. A sensação é poder de diferenciação, o jogo diferencial dos órgãos sensitivos em relação ao meio (SIMONDON, 2005 [1958], p. 209). A percepção é um ato de individuação, podendo ser pensada como uma atividade de integração de um conjunto de sensações ou como a apreensão de uma figura sobre um fundo. Ela é a solução de um conflito, a descoberta de uma compatibilidade, ou ainda a invenção de uma forma modificadora das estruturas do objeto e do sujeito. Dessa forma, ela não deve ser considerada apenas a apreensão de uma forma pregnante.

É importante, dentro dessa abordagem, diferenciar os conceitos de forma e informação. A ideia de forma está ligada principalmente ao hilemorfismo³¹ aristotélico e à Teoria da Forma (*Gestalt*), esta última desenvolvida no século XIX. A Teoria da Forma originária propõe que as “boas formas” são aquelas geométricas, simples, estáveis e pregnantes, entretanto sendo raramente encontradas na natureza. No modelo hilemórfico, por sua vez, existem duas categorias: a matéria (substância) e a forma. No entanto, neste modelo, não há a devida atenção aos processos e às operações que levam a matéria a adquirir determinada forma, algo que julgamos ser de extrema importância na abordagem de um processo criativo musical.

Dentro da teoria de Simondon, o conceito de individuação, a partir do qual decorre a percepção, comporta os aspectos de forma e informação reunidos em uma unidade. No contexto perceptivo, a simplificação das formas e a eliminação de detalhes corresponde a uma perda de informação, por outro lado uma grande quantidade de informação termina por não ser totalmente apreendida por nossos órgãos sensitivos, já que estes possuem um limite máximo de apreensão de informação, em relação a um determinado intervalo de tempo. Assim, na percepção há a necessidade de uma mediação entre os dois extremos deste processo, ou seja,

³¹ Hilemorfismo é uma filosofia desenvolvida por Aristóteles que considera todo ser, seja objeto ou indivíduo, composto indissociavelmente de uma matéria e uma forma.

entre a descontinuidade e a continuidade, entre a quantidade e a qualidade. (SIMONDON, *Op. Cit.*, pp. 238 - 239). A informação³², dentro do contexto da Teoria da Informação (WIENER apud SIMONDON, *Op. Cit.*, p. 220 - 221), tem uma natureza descontínua tal como uma corrente elétrica formada por cargas elementares. É aquilo que se opõe à degradação de energia, ao aumento da entropia de um sistema. Para que uma mensagem seja bem transmitida, é necessário que cada elemento do sinal module um grande número de unidades elementares de energia portadora.

A atenção perceptiva do sujeito, em sua gênese, se volta principalmente à intensidade da informação apreendida, ao potencial de informação de um instante. A percepção, neste modelo dinâmico que apresenta os indivíduos como estabelecadores de relações a todo momento, consiste na organização dos dados do meio, num tipo de ligação das formas contidas no sujeito aos sinais recebidos. O objeto, por sua vez, é a estabilização provisória de uma série de dinamismos, desde tensões aos aspectos da determinação que caracterizam uma situação. Iniciaremos esta discussão através de uma revisão sobre a abordagem perceptiva da Teoria da Forma. Logo após apresentaremos uma análise detalhada dos conceitos mencionados nesta introdução.

2.1.1 Revisão da Teoria da Forma

Em *Cours sur la perception* (2013 [1964 - 65]), Simondon baseia suas afirmações principalmente na Teoria da Forma³³ (*Gestalt*) – partindo do princípio de que a percepção de uma forma é também a percepção de uma significação ou estrutura. Percepção e pensamento abstrato estão estreitamente ligados, já que os

³² Um estudo dos suportes de gravação de imagem ou som, sejam analógicos (papel fotográfico imerso em uma emulsão ou uma fita magnética) ou digitais (disco rígido dos computadores) revela a natureza granular destes suportes. A emulsão química utilizada na revelação fotográfica contém inúmeros grãos de prata, sendo que a capacidade de registro dos pequenos detalhes depende da finura das partículas. No caso do registro eletromagnético do som em fitas, a quantidade de detalhes que pode ser gravada por unidade de tempo depende do número de indivíduos (partículas) presentes durante um intervalo de tempo no local da gravação (fitas mais largas permitem uma gravação em maiores detalhes). Nos sistemas digitais, sejam eles para a imagem ou para o som, os registros são feitos em *bits*, as unidades dos sistemas digitais. Assim, o limite da quantidade de sinal está relacionada ao caráter descontínuo do suporte, ou seja, ao número finito de elementos ordenados espacial e temporalmente nos quais a informação é armazenada (SIMONDON, *Op. Cit.*, p. 240 - 241).

³³ A Teoria da Forma influenciou consideravelmente o pensamento musical do século XX, no que diz respeito à composição e à percepção das obras musicais compostas neste período.

seres humanos empregam as formas como símbolos, combinando-os entre si. A combinação de formas é algo empregado em diversas atividades intelectuais dos seres humanos, tais como a comunicação entre os indivíduos, a invenção e a criação de novas realidades, além da invenção e a criação artística.

O aporte significativo de Simondon à Teoria da Forma se refere a uma mudança de abordagem em relação ao seu modelo tradicional (herança, entre outros, de Brentano, Von Ehrenfels, Köhler e Koffka³⁴), o qual elege as formas geométricas como “boas formas”. A abordagem de Simondon se diferencia através da ênfase nas *formas biológicas*, que se referem à percepção dos seres em relação ao seu meio e são associadas a aspectos de cor, posição e movimento, não se caracterizando como formas absolutas e destacáveis (SIMONDON, 2013 [1964 - 65], pp. 203 - 350).

Na segunda parte de sua tese de doutorado, em que realiza uma profunda análise sobre o modo de existência dos objetos técnicos (*Du mode d'existence des objets techniques*, 1958), Simondon promove uma analogia entre o funcionamento das máquinas e dos organismos vivos. Afirma que as máquinas dotadas da mais alta tecnologia são aquelas que dispõem de sistemas abertos, os quais preveem o homem como organizador controlador permanente de suas funções (2001 [1958], pp. 11 - 12). Nesse sentido, a evolução dos objetos técnicos está condicionada não pela humanização da natureza, mas sim pela naturalização do homem, através da criação, pela inteligência humana, de um meio técnico-geográfico entre homem e natureza (SIMONDON, 2001 [1958] p. 56).

Através de formas abstratas é possível gerar estímulos intensos em animais, estímulos estes constituídos de qualidades intensivas, que apresentam dificuldade de mensuração. Essas qualidades das formas, especificamente no domínio das artes, podem ser mensuradas ou percebidas por nossos sentidos quando organizadas em séries gradativas. Abordaremos esta questão de maneira detalhada por meio da aplicação dessa ideia na análise das obras de Stockhausen e Grisey, a partir do conceito de *grau de mudança*. A percepção é essencialmente diferencial enquanto apreensão de diferentes qualidades: sua base é a percepção da descontinuidade. Por exemplo, o aspecto primário da percepção das formas é a

³⁴ Cf. BRENTANO, 1995 [1874]; VON EHRENFELS, 1890; KÖHLER, 1947 [1929] e KOFFKA, 1935.

sensibilidade ao contraste simultâneo ou sucessivo de dois estímulos diferentes em relação à intensidade.

Uma outra característica da percepção é a tendência de agrupamento dos elementos percebidos, elementos estes que não possuem nenhuma lógica que os obrigue a serem percebidos em conjunto, por exemplo a percepção das estrelas como constelações, ilhas como arquipélagos, montanhas como cadeias ou o conjunto de casas como um bairro ou uma cidade. Os seres humanos, por sua vez, a despeito de sua individualidade, também são percebidos e compreendidos em grupos, como pares, trios, famílias, conjuntos, gostos, como possuindo opiniões semelhantes ou distintas, etc. A inteligência, ao contrário, está ligada à capacidade de ver conjuntamente unidades que são vistas habitualmente de maneira separada, ou de ver separadamente elementos que são apreendidos de forma conjunta (SIMONDON, 2013, pp. 215 - 16)

A relação figura-fundo é um dos pontos mais conhecidos e abordados quando definimos as características da Teoria da Forma. A relação entre estes subconjuntos de “figura” e “fundo” foi inicialmente definida no contexto da percepção visual, porém também pode ser aplicada à percepção auditiva³⁵. Em nossa abordagem nos afastaremos do conhecido exemplo musical, no qual nosso cérebro organiza cognitivamente uma melodia (vocal ou instrumental) como figura e entende seu acompanhamento como fundo. Na realidade, esta afirmação não abrange todo o domínio musical, sendo extremamente difícil de ser aplicada quando nos referimos às formas musicais polifônicas (como por exemplo a fuga), às obras musicais compostas dentro da estética do serialismo integral ou aquelas cuja percepção é voltada para superfícies texturais (alguns casos da música de Xenakis e Penderecki ou mesmo da micropolifonia de Ligeti).

A percepção da forma está diretamente relacionada à capacidade do receptor de apreender a informação transmitida. Por vezes elementos figurativos (fala ou melodia) são levados a ser percebidos como fundo, momentos nos quais explicitamente há uma dificuldade de compreensão da informação transmitida. Um ruído de fundo, menos carregado de informação, pode causar o mascaramento de algumas estruturas sonoras. A percepção sonora, nestes casos, pode se caracterizar como uma massa não portadora de uma forma definida. Um exemplo

³⁵ Em nosso texto, abordaremos somente as considerações de Simondon sobre as relações entre figura e fundo considerando a percepção auditiva.

bastante sugestivo deste fenômeno é o caso da sintonia de estações de rádio no caso da intenção de se captar emissões longínquas. Percebemos, na maioria das vezes, apenas um ruído branco de fundo, ao passo que, lentamente, começam a emergir sinais de palavras ou de música, os quais se destacam lentamente do ruído de fundo presente. A percepção deste fenômeno não se dá de forma imediata, já que é necessário um intervalo de tempo razoável para que possamos afirmar se realmente a forma que começa a se destacar se trata de música ou de um discurso, ou se são apenas flutuações do ruído de fundo ou efeitos de microfonia (SIMONDON, 2013, pp. 233 - 236).

O efeito de mascaramento de estruturas sonoras pode ser explicado a partir da noção de contorno, por definição o limite funcional entre a(s) figura(s) e o fundo. O contorno intervém no nível primário da segregação das unidades perceptivas, como também no nível das microestruturas que aparecem no interior destas duas categorias. O mascaramento se produz quando o contorno é alterado, quando a imagem da percepção é modificada pelo aparecimento de outras linhas, ou também pela supressão de alguns detalhes significativos (SIMONDON, 2013, p. 245). A percepção contorno sonoro é dependente da percepção do envelope dinâmico do som (principalmente em relação às características de ataque e de extinção), da percepção de sua duração e de seu conteúdo espectral.

A percepção das formas pode ser segmentada em três categorias de apreensão. A primeira, já mencionada, é a percepção dos gradientes de intensidade. A segunda é a percepção de uma topologia, ou seja, um mapeamento das estruturas do todo percebido, através da definição dos seus subconjuntos (figuras e fundo). A terceira categoria seria a percepção de microestruturas, tal como uma exploração em detalhes do interior dos subconjuntos apreendidos (SIMONDON, 2013, p. 247). No caso específico do som, a percepção das microestruturas está ligada à exploração interna do objeto sonoro³⁶, através de uma escuta reduzida voltada às microsaliências internas do som.

2.1.2 Percepção espaço-temporal

³⁶ Aqui nos referimos à definição de objeto sonoro de Pierre Schaeffer (1966, capítulo XV).

Segundo Simondon (2013, pp. 321 - 325), as categorias espaço e tempo não são objetos percebidos pelos seres vivos, mas dimensões primárias do meio nos quais eles estão inseridos. As percepções primárias destas duas categorias não se dão em relação a objetos, justamente pelo fato de que a percepção destes fenômenos ainda poderia ocorrer um mundo sem objetos (um mundo sem descontinuidades e singularidades). O movimento³⁷, ação que reúne intrinsecamente as características de espaço e tempo, pode referir-se a objetos, porém existe um tipo de movimento mais primitivo, tal como o movimento de um organismo em seu meio, o movimento de uma onda no mar ou a ondulação da grama pelo efeito do vento.

Para o autor, os fenômenos temporais apresentam diferentes qualidades. Em relação à sua constituição, podemos encontrar a dualidade existente entre os fenômenos ondulatórios e corpusculares. Por exemplo, fenômenos rítmicos naturais pouco regulares, como são o caso da chuva ou do vento que formam as nuvens de areia - responsáveis pela mudança de posição das dunas - podem ser pensados como movimentos granulares. Outros fenômenos, tais como o movimento dos corpos celestes são oscilatórios e regulares, algo que os torna muito mais regulares do que os primeiros citados. Existe ainda um ritmo biológico oscilatório no interior dos seres vivos, por exemplo os presentes nas batidas do coração, nos ritmos respiratórios, na atividade elétrica neuronal de nosso cérebro, ou mesmo nas atividades intracelulares. Neste último exemplo, o conjunto de diferentes tempos dão uma visão temporal ao nosso corpo, complementar à sua visão espacial tradicional.

Para Simondon, o tempo é único e contínuo, podendo ser representado por uma escala que contempla desde os fenômenos microtemporais até os eventos macrotemporais como os do universo. Para ele, o tempo é absoluto, cíclico (em diferentes frequências e diferentes escalas temporais que abrangem desde o nível cósmico até o nível quântico), porém a percepção da duração dos processos é relativa. Em uma perspectiva biológica, a percepção da duração está relacionada aos ritmos internos do organismo (seu relógio biológico). É a gradação do tempo e das durações que criam a complexidade de esquemas segundo os quais um organismo se insere no meio e responde ativamente aos objetos que o cercam. Em

³⁷ Para uma análise detalhada sobre as características da percepção do movimento, Cf. BERGSON, 1988 [1889], pp. 79 e SS.

uma perspectiva cultural - através da qual percepção do tempo dos seres humanos torna-se diferente da percepção do tempo dos outros animais -, em diferentes sociedades, o simbolismo do tempo pode induzir o indivíduo a condutas distintas, condutas que se ajustam aos esquemas coletivos de representação. As ações históricas, no momento em que elas são executadas, já contêm em si a estrutura que permitirá a sua percepção, a sua conservação na memória e a sua representação na arquitetura temporal. A percepção da duração é reforçada por imagens de tempo. Estas imagens podem ser individuais, mas elas também são culturais, derivadas de fatores externos (SIMONDON, 2013, pp. 327 - 28).

Se pensarmos nas categorias passado, presente e futuro, o passado é da ordem da memória, de marcas, traços e objetos. O passado não pode ser revivido, as informações referentes a este momento já estão sedimentadas, por este fato não existem mais forças que atuam neste domínio. No, entanto, através da memória, estas informações podem ser novamente acessadas e transmitidas. O futuro apresenta uma metaestabilidade passível de ser modulada por uma informação que chega ao organismo, além de apresentar uma aparência operatória e de movimento, sempre em uma tendência direcionada ao presente. O presente, por sua vez, se caracteriza como a convergência de todas as forças provenientes do futuro, apresentando uma espessura³⁸, uma densidade. Toda sua significação se dá na simultaneidade e no movimento de seus fatores. A convergência deste movimento no presente justifica sua espessura, além de lhe atribuir concomitantemente características temporais e espaciais (SIMONDON, *Op. Cit.*, p. 329).

Em relação à percepção do som no espaço³⁹, a percepção da distância é um aspecto da percepção do movimento. Quando uma fonte sonora se aproxima, os ruídos referentes aos transientes de frequências elevadas são distintamente percebidos, o que faz com que o contorno seja notado com nitidez. Quando o espectro frequencial do som é recebido em sua totalidade, sua estrutura é claramente percebida, e o contraste entre altura, timbre e intensidades é forte. Por outro lado, um som percebido de longe sofre um tipo de filtragem, decorrente de

³⁸ “Espessura do presente” é um termo importante e bastante encontrado em textos da fenomenologia da percepção do tempo, tais como os de Edmund Husserl. É definida como o tempo mínimo percebido por uma consciência. Este termo foi aplicado ao domínio musical em trabalhos que abordam percepção do som a partir de um viés fenomenológico (SCHAEFFER, 1966) e/ou baseado na teoria da informação (MOLES, 1969).

³⁹ Stockhausen em seu artigo “Musique dans l’espace” (1958) faz uma análise semelhante sobre a percepção dos sons no espaço (In: STOCKHAUSEN, 1989, pp. 90 e SS.).

absorções seletivas de algumas de suas bandas de frequências durante seu percurso, além da presença da reverberação. A reverberação se caracteriza pela recepção de um som através do seu rebatimento em objetos existentes no meio, não sendo, desta forma, percebido em sua totalidade como vindo diretamente da fonte sonora emissora. A reverberação prejudica a nitidez de seus contornos (principalmente em relação ao ataque e a extinção dos sons), suprimindo algumas frequências e alguns detalhes de suas microestruturas. Quanto maior for a taxa de reverberação presente em um determinado som, menos seu contorno é percebido com clareza (SIMONDON, 2013, p. 287).

Em outras palavras, a variação de distância pode ser considerada como a percepção de uma filtragem através da qual a banda passante se alarga. Na medida em que a fonte sonora se aproxima, a riqueza de informação do som aumenta. Os detalhes do espectro de frequências do som, ou seja, sua quantidade de informação, são mais importantes do que a intensidade pura em relação ao detalhamento de suas propriedades. A simples amplificação da intensidade de um som não aporta informação ao sinal, ao passo que um aumento de sua banda de frequências o faz. A percepção do movimento sonoro se dá através da apreensão de diferenças (mudanças) em relação à sua altura, intensidade, timbre, localização espacial e duração. A localização auditiva da fonte sonora se dá de forma diferente em relação a sons graves e agudos. Para os sons graves, é principalmente a diferença de fase que importa, ao passo que para sons com frequências altas (agudos) é a diferença de intensidade que é mais importante (SIMONDON, *Op. Cit.*, p. 288).

O movimento Phi, inicialmente estudado por Wertheimer (1912) como uma ilusão de movimento de luzes ou imagens, também pode ser utilizado no domínio da audição para a reprodução artificial do deslocamento da fonte sonora, por exemplo no caso da estereofonia (som que percorre o espaço formado por dois alto-falantes dispostos de maneira a formar um ângulo de 180°). No caso da percepção auditiva, este efeito pode ser atingido se enviamos um determinado som primeiramente a um alto-falante e, logo a seguir ao outro, dando a impressão de que a fonte sonora saltou do primeiro para o segundo. Outro tipo de percepção do movimento sonoro no espaço é conhecido como efeito Doppler (descrito pela primeira vez pelo físico Christian Doppler, em 1842). Este efeito pode ocorrer, por exemplo, na percepção do movimento dos sons emitidos por sinos, a partir dos fenômenos de modulação de amplitude e de frequência, que modificam o de seu

timbre. O sino, na medida em que balança, continua a vibrar após ser percutido (sendo esta vibração proporcional ao seu tamanho) já que a velocidade de deslocamento das bordas inferiores do sino (suas partes que mais vibram) é mais elevada, aumentando a intensidade da percepção deste efeito (SIMONDON, *Op. Cit.*, pp. 189 - 196). Para maiores informações sobre o efeito Doppler, Cf. ROADS, 1996, pp. 482 e SS.

2.1.3 Percepção, modulação e amplificação da informação

Um organismo, sensível à informação externa, encontra-se em estado metaestável. A partir do momento em que ocorre a percepção de um fenômeno, este estado metaestável migra para a estabilidade, através da tendência do estabelecimento do isomorfismo do indivíduo em relação ao meio⁴⁰. No entanto, o caráter da invenção de novas formas possui as características de metaestabilidade e do agrupamento de séries divergentes, através da existência de uma tensão entre seus componentes. A novidade criativa, enquanto resultado de processos de invenção e de síntese, é atingida através da modulação entre distintos processos concomitantes.

Simondon nos propõe a ideia de que todo ser vivo pode ser considerado um modulador⁴¹, podendo ser descrito de acordo com o seguinte esquema: uma entrada de energia (a alimentação e/ou a respiração), uma entrada de informação (a

⁴⁰ Metaestabilidade e isomorfismo são termos importantes para o entendimento da teoria de Simondon sobre a percepção, ou mesmo sobre outros temas. A metaestabilidade é um estado de repouso em que o receptor se mantém sensível a uma informação externa, preservando a distinção funcional entre entrada e saída de energia (como entrada de energia entende-se a recepção da informação, e como saída de energia o efeito produzido pela transformação da energia potencial deste estado metaestável em ação do indivíduo sobre o meio) (SIMONDON "L'amplification dans les processus d'information" [1962], In: SIMONDON, 2010, p. 161). O princípio do isomorfismo indica uma tendência à estabilidade dos organismos ou sistemas em relação ao meio, baseado na afirmação de que tudo que está no exterior está também no interior, sendo os dois equivalentes. No momento em que se produz uma percepção, a configuração psicológica que aparece dentro do cérebro é isomorfa àquela que existe no mundo físico dos objetos, ou seja, à percepção mesma tal como ela se manifesta, em seu ser fenomenal, para o sujeito (SIMONDON, 2013, pp. 91, 258).

⁴¹ Este termo, utilizado por Simondon para explicar as relações perceptivas entre um organismo e o meio, tem sua origem em autores como Fleming, inventor do diodo (1904), e Lee de Forest, inventor da tríodo (1908). Quando nos referimos à modulação, estamos designando uma transferência de energia que tem como característica a irreversibilidade, assim como a interação entre uma energia e uma informação. O modulador possui uma propriedade que pode parecer paradoxal: com uma energia mínima, um suporte de informação, pode-se governar (modular) uma energia consideravelmente maior. Dentre suas funções, ele é um sistema que realiza a síntese de uma informação (ou uma forma) e uma energia, a qual não é organizada, mas é contínua. Como saída deste sistema, tem-se uma energia organizada de acordo com a ordem fornecida pela informação utilizada (SIMONDON, "Perception et modulation" [1968], In: SIMONDON, 2010, pp. 187 - 197).

percepção pelos órgãos sensitivos) e uma saída de energia organizada, que se refere à ação do ser vivo sobre o meio. A informação não é uma coisa (objeto), mas a operação de uma coisa que chega a um sistema, produzindo uma informação. A informação somente pode ser definida a partir deste ato de incidência transformadora conjuntamente com a operação da recepção. Uma estrutura qualquer apenas se comporta como informação em relação a um receptor determinado. Neste contexto, a realidade local do receptor é modificada pela realidade incidente, em função da informação. Para que ocorra de fato a recepção da informação pelo eventual receptor, este deve se encontrar em um estado metaestável.

Simondon define três tipos de amplificação da transformação provocada pela entrada de uma informação em um sistema (SIMONDON, 1962, In: SIMONDON, 2010, pp. 161 - 172). A primeira delas é a transdução, ou seja, a transferência de informação, e uma transmissão de energia entre indivíduos próximos entre si, caracterizada pela mudança de estado no local onde se produz a transformação. Exemplos deste tipo de transformação são as perturbações eletromagnéticas ou a propagação de energia no fluxo nervoso (sistema neuronal).

A amplificação moduladora, por sua vez, é um esquema de controle da propagação transdutiva, mantendo a alimentação de energia fixa e fazendo-a trabalhar em condições regulares. A entrada age como um isolamento variável que se interpõe entre a fonte de energia e a carga, isolamento este que não adiciona energia ao sistema. Há, dessa forma, um controle do regime de modificação do estado da energia potencial a cada instante, entre dois valores: abertura ou fechamento do circuito que conecta a fonte de energia à carga. O modulador está constantemente realizando decisões sobre a incidência de informação, a qual governa a cada instante o regime de transformação da energia potencial em trabalho⁴².

⁴² Em relação a este tipo de amplificação, Simondon cita o exemplo do canto dos pássaros que, com uma frase pequena podem transmitir uma grande quantidade de informação, através de rápidas modulações de intensidade e de frequência. Estes dois tipos de modulação podem se acoplar positivamente, negativamente (em relação à fase) ou ainda serem independentes, sendo que a audição humana é incapaz de perceber a totalidade de informação aportada por estas modulações rápidas de intensidade e de frequência (SIMONDON, "Cours sur la communication"[1971 - 72], In: SIMONDON, 2010, pp. 109 - 110). Sobre a comunicação entre as espécies, há a definição do conceito de fonocomportamento, a frequência ótima de recepção em relação à qual uma determinada espécie animal se utiliza para emitir seus sinais sonoros. Esta determinação confirma a formação de uma unidade funcional pela correspondência entre a emissão e a recepção do som. Na espécie humana, o espectro ótimo de frequências é o espectro da voz (masculina e feminina).

O terceiro tipo de transformação é a amplificação organizadora, definida pela correlação de processos transdutivos e processos moduladores. Os processos transdutivos permitem uma mudança de ordem de grandeza de uma transformação, através da passagem do individual ao coletivo, criando uma homogeneidade final entre todo o campo percorrido, ou seja, a formação de uma macroestrutura a partir de uma microestrutura que é atravessada por uma energia que se propaga. A modulação se dá através de uma ordem inversa e complementar, já que estruturas macrofísicas que possuem uma energia fraca governam a transformação de inúmeros microelementos. Exemplos de amplificação organizadora são a integração da informação visual em regime de percepção binocular ou a emergência do fenômeno da consciência nos seres humanos.

2.2 Maturana e Varela: A forma como uma emergência

O biólogo e filósofo Francisco Varela (1946 - 2001), por meio de sua pesquisa, introduziu conceitos importantes em relação às formas de produção de conhecimento dos seres vivos em sua interação com o meio. Inicialmente, nos anos 1970, Varela publicou trabalhos conjuntamente com o biólogo Humberto Maturana, nos quais desenvolveu importantes conceitos, tais como o de *autopoiese*. Esta colaboração terminou no final dos anos 1980, momento no qual Varela começou a desenvolver em seus trabalhos uma abordagem neurofenomenológica da cognição desenvolvendo, entre outras ideias, o conceito de enação.

2.2.1 Organização do interior ao exterior

A autopoiese é um modelo para o entendimento dos organismos no qual eles são analisados a partir de uma visão interna, através de um princípio cuja organização se direciona do interior ao exterior, procurando definir os organismos a partir de relações físico-químicas. É uma abordagem distinta da abordagem evolucionista darwiniana, a qual parte do princípio da influência externa, calcada na seleção natural. A autopoiese é fundamentada a partir de processos em escala celular e molecular que se autoproduzem e se realizam dentro de um organismo, a partir de uma coesão entre sua estrutura e suas relações funcionais (organização

topológica⁴³). Em relação aos indivíduos, as relações autopoieticas acontecem a partir das trocas de informação entre os organismos e seu meio (PENELAUD, 2010, p. 5).

Em uma organização autopoietica, os componentes moleculares devem estar dinamicamente relacionados em uma rede contínua de inter-relações, por exemplo na atividade metabólica das células. Uma das características de um sistema autopoietico é a produção de suas próprias relações e, através de sua própria dinâmica, a constituição distinta de seu meio. Neste modelo, sistema e meio são inseparáveis, apenas distinguíveis por uma fronteira, no caso das células por uma membrana, que delimita a extensão da rede de transformações intracelulares, além de também participar das mesmas atividades. Uma das razões de existência das membranas é a delimitação de uma arquitetura espacial dentro da qual os processos autopoieticos acontecem. Este tipo de organização pode ser classificado como uma unidade que possui múltiplas interdependências. Quando uma de suas dimensões é afetada, todas as outras experimentam ao mesmo tempo algum tipo de mudança (MATURANA; VARELA, 2011 [1984], p. 52 - 55).

A membrana, no caso da teoria da autopoiese, tem uma aplicação similar ao conceito de contorno explicitado por Simondon, tal como a separação entre figura e fundo, no contexto da Teoria da Forma. Esta segregação proporcionada pela membrana ou pelo contorno possibilita a percepção da forma dos organismos ou objetos já que, a partir dela, sua organização topológica pode melhor ser entendida e apreendida.

O conceito de autopoiese introduz a ideia de uma interface entre o organismo e seu meio, através de seus órgãos sensitivos, formando uma espécie de acoplamento estrutural. Neste contexto, a informação não é um objeto externo pré-formatado que é analisado pelo organismo, mas um objeto elaborado e construído a partir deste acoplamento estrutural entre o ser e o mundo. Não há necessidade de sua representação objetiva, já que ela está presente no sujeito, no fluxo imediato e ininterrupto de suas trocas metabólicas junto ao mundo⁴⁴. Neste contexto, há a emergência uma informação que é organizada e organizadora ao mesmo tempo, e

⁴³ A topologia dos organismos se refere à sua organização interna em subconjuntos, os quais funcionam em rede e determinam a funcionalidade do todo. Este tipo de organização pode ser também aplicado ao ato da percepção, o qual tem, a fim de uma melhor compreensão da totalidade informação apreendida, a tendência de agrupar indivíduos similares em subconjuntos.

⁴⁴ Numa visão autopoietica a atenção não é dirigida aos personagens sujeito e objeto, pois ambos são considerados simultâneos e co-presentes, mas dirigida aos processos que os une.

criadora destas relações interfaciais que desenvolvem as interações entre os organismos e o meio (PENELAUD, *Op. Cit.*, p. 6).

Aqui encontramos distintas definições do termo “informação”, considerando as explicitadas por Varela e Simondon. Para o primeiro, a informação é o processo que une o sujeito (organismo) e o meio externo, sendo ela própria responsável pela constituição desta interface de comunicação, além de se configurar como um objeto decorrente desta relação entre os seres e o mundo externo. No caso de Simondon, a metaestabilidade - a capacidade do indivíduo de permanecer sensível à informação externa - é o conceito principal para a ocorrência de um processo de comunicação. Portanto, neste caso, é o receptor (e não o emissor) o responsável para que um estímulo do meio se transforme em informação e, por consequência, que haja a comunicação e a percepção deste estímulo por um organismo.

2.2.2 O fazer emergir

A enação (*to enact*, fazer emergir) significa dar a base e as condições para que uma forma ou interação possa emergir. A abordagem da enação⁴⁵ visa a englobar igualmente a temporalidade da vida, abrangendo uma espécie (evolução), um indivíduo (ontogênese) e uma estrutural social (cultural), em uma perspectiva na qual o endógeno e o exógeno se definem mutualmente ao longo de uma determinada duração, numa tendência ao isomorfismo. Neste contexto da teoria de Varela, endógeno e exógeno podem ser compreendidos como categorias isomórficas, que tendem a uma semelhança e estabilidade. A imagem cognitiva gerada pela percepção (endógena) é análoga ao objeto externo percebido (exógeno), no entanto ambos não são entendidos como coisas separadas e distintas, mas através de um acoplamento estrutural.

Na definição do conceito de enação nota-se a semelhança entre os termos “forma” e “interação”, os dois como possíveis resultados deste processo. Entende-se, portanto, que a forma, em linhas gerais, é resultado da interação dos subconjuntos ou estruturas internas dos organismos e/ou objetos (sua topologia).

⁴⁵ Um dos pressupostos para o conceito de enação é a afirmação de um mundo sem representações, pois as coisas não são predefinidas, já que somente um mundo predefinido pode ser representado. Desta feita, se o mundo em que vivemos se realiza naturalmente ao invés de ser predefinido, a noção de representação não pode ocupar um lugar central no âmbito do conceito de enação.

Nesse caso, a forma configura-se como resultado perceptivo de um processo complexo, passível de ser compreendido através da concatenação de suas múltiplas ramificações interiores.

A cognição seria a faculdade de fazer emergir um significado a partir dessas relações, já que não existe nada preconcebido. A informação não é preestabelecida por uma ordem intrínseca, mas correspondente às irregularidades emergentes das próprias atividades cognitivas. No ambiente da enação, a percepção é um processo ativo de produção de hipóteses, um sistema de interface complexo, e não um simples espelho de um determinado ambiente (VARELA, 1994, pp. 73 - 98).

De acordo com Penelaud (*Op. Cit.*, pp. 24 - 26), dentro da ótica da enação, os eventos e os fatos concretos são estruturados de acordo com sua relação, permitindo uma descrição científica da realidade, não somente do mundo físico, mas também do mundo interior da mente (novamente encontramos a ideia de isomorfismo). A abordagem da enação afirma a singularidade da experiência, criando um campo experimental dentro das ciências cognitivas. Como suporte para o conceito de enação, Varela descreve um tipo de geração de informação que circula desde o nível neuronal até o nível da consciência, uma emergência advinda de uma rede de conexões, que descreve uma continuidade da matéria à vida. Este fenômeno emergente⁴⁶, decorrente do processo de atividade mental, tem como característica a impossibilidade de ser reduzível àquilo a partir do qual ele se originou, ou seja, não existe uma linearidade dentro deste processo descrito.

O fazer emergir se situa no campo das teorias que assumem o indeterminismo e a irreversibilidade do tempo, para além das proposições deterministas da mecânica clássica na qual o tempo seria reversível⁴⁷. O tempo irreversível, na enação, se reflete na impossibilidade de reversão deste fenômeno à situação de anterioridade, pois o resultado desse processo não é uma mera somatória (ou mesmo multiplicação) de suas partes. Seu resultado não pode, em certa medida, ser controlado; as relações entre as microestruturas dos organismos e seu contato com as informações exteriores provenientes da percepção promovem a

⁴⁶ Uma das características dos processos emergentes é justamente a incapacidade de redução do todo resultante às suas partes preexistentes.

⁴⁷ Sobre os novos caminhos da ciência nos séculos XX e XXI, Cf. PRIGOGINE, 1996.

emergência de novos significados e ações, as quais são únicas e variam de indivíduo para indivíduo, afirmando sua individualidade enquanto processo.

2.2.3 O *entre-deux*

O paradigma da enação se separa dos outros paradigmas da cognição desenvolvidos durante o século XX, tais como os paradigmas computacional e conexionista⁴⁸. O conceito de enação lançado por Varela aporta à problemática do conhecimento uma complementariedade aos paradigmas computacional e conexionista, ao introduzir a importância da experiência individual na produção do conhecimento. Na medida em que Varela se afasta do pensamento sistêmico de Maturana, se aproxima das práticas fenomenológicas. No entanto, a aproximação da fenomenologia se dá através de uma crítica à redução fenomenológica do objeto a partir da sua percepção (*époché*), tal como afirmava Edmund Husserl. Ao mesmo tempo, há uma aproximação de Varela da visão de Maurice Merleau-Ponty na qual, em linhas gerais, o sujeito nunca está fora da percepção (PENELAUD, *Op. Cit.*, pp. 12 - 14).

Varela nos propõe, através de sua abordagem, a hipótese de um dualismo do funcionamento da mente que pode, ao mesmo tempo, ser um objeto científico, em relação às pesquisas sobre seu funcionamento, mas também um ator de experiências subjetivas. Esta hipótese abre a possibilidade para uma noção circular entre uma pesquisa científica sobre a mente e uma fenomenologia da experiência vivida e faz surgir um campo de pesquisa decorrente da intersecção destas duas áreas, tal como uma espécie de neurociência da consciência, que passou a ser denominada neurofenomenologia.

Para atingir a definição da neurofenomenologia, Varela se baseia na seguinte afirmação de Merleau-Ponty: “O mundo é inseparável do sujeito” (MERLEAU-PONTY, 1999 [1945], p. 576), que culmina na sua proposição sobre o “caminho do meio”, um “*entre-deux*” entre as ciências cognitivas e a experiência humana, ou seja, o cognitivismo operando como uma manipulação de símbolos

⁴⁸ O paradigma computacional se utiliza da tese segundo a qual o cérebro é descrito como um “computador” que processa informações externas a partir de símbolos, com o intuito de descrever o fenômeno do conhecimento. Por outro lado, o paradigma conexionista não utiliza esta metáfora, mas a imagem do cérebro como descrição da construção do conhecimento, tal como um processo de emergência por auto-organização (Cf. VARELA, 1994, pp. 29 - 42 e VARELA, THOMPSON, ROSCH, 2001, pp. 84 - 89).

(uma representação mental) e a experiência humana, à sua vez, atuando como uma atenção/reflexão ou análise da experiência. Existe, entre os dois polos, a ideia de isomorfismo, uma circulação e uma iluminação mútua que constrói a totalidade do domínio fenomenológico.

O pensamento fenomenológico de Merleau-Ponty é, obviamente, bastante influenciado pela teoria de Husserl. No entanto, a abordagem de Merleau-Ponty promove uma reformulação da teoria husserliana, na medida em que se afasta do estudo da percepção dos objetos através da apreensão dos eventos pelo fluxo temporal da consciência, culminando na representação espacial dos eventos armazenados na memória. Na lei da modificação retencional desenvolvida por Husserl⁴⁹ na qual, resumidamente, o sujeito apresenta uma consciência que se mantém separada do mundo exterior, onde se situam os objetos que são percebidos. A experiência se dá através da percepção dos fenômenos externos que têm sua significação (representação) por uma consciência em três etapas: o agora (*Jetzt*, também conhecido como *espessura do presente*); a consciência impressional (uma espécie de memória instantânea); que se refere à compreensão e manutenção da memória dos objetos percebidos no “agora” (numa espécie de fosforescência das percepções imediatas); e a memória propriamente dita, função de retenção permanente, acessada pela consciência ao trazer os objetos retidos para o presente.

Nas obras tardias de Merleau-Ponty encontramos a refutação do pressuposto da separação entre sujeito e objeto, em prol de uma aproximação ou mesmo de uma união entre os dois elementos. Essa constatação pode ser encontrada em afirmações do autor no sentido de que a percepção une aquele que percebe ao percebido: “um corpo é ao mesmo tempo vidente e visível [...] visível e sensível para si mesmo”; ou quando afirma que as coisas são um anexo ou prolongamento do seu corpo, ou seja, “meu corpo conta-se entre as coisas, é uma delas, está preso no tecido do mundo [...] as coisas são um anexo ou um prolongamento dele mesmo (do seu corpo)” (MERLEAU-PONTY, 2014 [1964], pp. 18 - 20). A afirmação de uma visão interativa e complementar entre sujeito e objeto é explicitada também através de elucubrações sobre a pintura e a visão, descritas a seguir em dois exemplos que se complementam:

⁴⁹ Cf. HUSSERL, 1994 [1905 - 10], pp. 53 e SS, e MOLES, 1969 [1957], pp. 142 - 43.

A visão do pintor não é mais o olhar posto sobre um *fora*, relação meramente “físico-óptica” com o mundo. O mundo não está mais diante dele por representação: é antes o pintor que nasce nas coisas como por concentração e vinda a si do visível [...] Quando vejo através da espessura da água o revestimento de azulejos no fundo da piscina, não o vejo apresar da água, dos reflexos, vejo-o justamente através deles, por eles ... (MERLEAU-PONTY, 2014 [1964], pp. 44 - 45).

A teoria da autopoiese de Maturana e Varela, dos anos 1970, formulava que a própria vida é cognição (*living is cognition*), afirmação proposta no artigo de Maturana “Biology of cognition” (1970, In: MATURANA; VARELA, 1980 [1972], pp. 2 - 58). Passado esse momento, Varela apresentou uma reformulação da afirmação, asseverando que a vida é a construção de um sentido (significado) “*life is sense-making*”. Na última, está embutida a afirmação de que a vida não é apenas um processo cognitivo, mas também um processo emotivo que constrói significados, aportando significação e valor a uma existência (THOMPSON, 2004, In: CLARKE; HANSEN, 2009, pp. 77 - 91).

A proposta da neurofenomenologia seria uma espécie de naturalização da fenomenologia tradicional derivada do pensamento de Husserl e corresponderia a uma nova concepção fenomenológica da natureza. Observamos também, nesse ponto, uma correspondência entre a proposta de Varela e a concepção de Simondon a respeito de sua análise sobre o modo de existência dos objetos técnicos, presente na segunda parte da sua tese de doutorado (1958). Na medida em que os objetos técnicos tendem a uma concretização (quando atingem seu melhor desenvolvimento e funcionalidade), mais eles se assemelham aos objetos naturais, que são concretos desde o início, e apresentam uma maior adaptação para uma interação otimizada para com o meio (SIMONDON, 1989 [1958], p. 55). Ressaltamos ainda (e mais uma vez) a afirmação de Simondon no sentido de que a evolução dos objetos técnicos apresenta uma tendência à naturalização do homem e não à humanização da natureza.

Em um sentido amplo, a principal contribuição da teoria de Varela sobre o conhecimento, numa espécie de ressonância das afirmações de Merleau-Ponty, deriva do fato de que o mundo estabelecido não é preconcebido, mas construído na medida em que interagimos com ele. Como desdobramento desta afirmação é possível pensar que, enquanto indivíduos, nada é dado ou fornecido *a priori* em nossas vidas, não obstante, tudo é continuamente construído. Portanto, sempre há possibilidade de transformação e reinvenção, seja social, estética, ética ou política,

no sentido de que as estruturas dependem da ação do homem sobre elas, seja por manutenção ou mudança. Há, portanto, uma transformação da direcionalidade do conhecimento, que até então era tido como algo que se operava de “fora para dentro”. O salto quântico em relação ao aporte da enação e da neurofenomenologia estabelece que as coisas acontecem tanto de “dentro para fora” (emergência), como de “fora para dentro” (experiência), numa complementariedade e acoplamento estrutural.

Michel Bitbol afirma que, a partir do estabelecimento da neurofenomenologia de Varela, há uma inversão do modelo fenomenológico, numa tentativa de naturalização desta prática no interior das ciências cognitivas, passando de uma concepção linear de redução do objeto à uma concepção não-linear próxima a uma rede de conexões. “A experiência vivida é irreduzível, isto significa que os dados fenomenais não podem ser reduzidos ou derivados da perspectiva em terceira pessoa”⁵⁰ (BITBOL, 2006, p. 145, tradução nossa). A neurofenomenologia como teoria cognitiva surge a partir de uma herança dos conceitos de autopoiese e enação, porém coloca em pé de igualdade a visão cognitiva tradicional e a experiência vivida. Nesse domínio, há uma circulação permanente entre cognição e experiência, além de uma ação retroativa entre ambos, uma cognição incarnada, uma mente corpórea.

Este *entre-deux* da ciência e da experiência também se fundamenta no não-dualismo budista da filosofia madhyamika⁵¹ (caminho do meio). A complementariedade destas duas visões se justifica na constatação de que os sistemas fechados da ciência cognitiva, seja através de sua abordagem biológica autopoietica ou dentro da cibernética, e mesmo a própria fenomenologia na qual o entendimento do mundo é calcado por representações, seriam insuficientes para explicar a totalidade das relações entre os seres e o meio. A proposta de Varela, complementar à visão de Merleau-Ponty, se baseia numa reflexão corporalizada da experiência, na qual mente e corpo são colocados em patamar de igualdade. Esta

⁵⁰ L'expérience vécue est irréductible ; c'est-à-dire que les données phénoménales ne peuvent pas être réduites ou dérivées de la perspective en troisième personne (BITBOL, 2006, p. 145).

⁵¹ Escola budista fundada por Nagarjuna no século II d.C. De acordo com a filosofia Madhyamaka, de maneira geral, todos os fenômenos são vazios de natureza, substância ou essência, o que torna suas existências independentes de relações causais.

circulação entre ciência cognitiva e experiência humana resulta na constatação de que a via (ou caminho) se estabelece através do movimento, do caminhar⁵².

2.3 Morfogênese: A forma como descontinuidade qualitativa

Neste item trataremos da explicação sobre o tempo de Gaston Bachelard, fundamentada na descontinuidade do instante. Logo após, abordaremos as características dos sistemas dinâmicos irreversíveis através da definição de Ilya Prigogine. Abordaremos também a noção de morfogênese e de forma como a interação de forças segundo René Thom, além de seus conceitos de saliência (*saillance*) e pregnância (*prégnance*) e de noções de sua teoria das catástrofes, uma espécie de teoria das descontinuidades formais. Por fim, discutiremos como as saliências e pregnâncias nos levam à constituição de formas individuadas, a partir do conceito de individuação proposto por Simondon.

As teorias mencionadas de Bachelard, Thom e Simondon têm sua fundamentação epistemológica influenciada pela mecânica quântica, enquanto que Prigogine afirma que sua teoria tem suas origens epistemológicas na termodinâmica do século XIX.

2.3.1 Bergson e Bachelard: A continuidade ou a descontinuidade do tempo

Aqui apresentaremos duas filosofias sobre o tempo que possuem concepções opostas: a primeira é a filosofia de Henri Bergson (1859 - 1941), que pode ser condensada na ideia de duração pura como fusão dos estados da consciência, e a segunda é a filosofia de Gaston Bachelard (1884 - 1962), que se fundamenta na apoteose do instante e na descontinuidade dos fenômenos temporais. Faremos uma abordagem bastante condensada a respeito dessas duas concepções, apresentando as ideias principais destes dois filósofos. Uma abordagem mais detalhada sobre ambas teorias pode ser encontrada em nossa dissertação de mestrado (ROSSETTI, 2012) ou na tese de doutorado de Paulo Zuben (2009).

⁵² Sobre o *entre deux*, Cf. VARELA; THOMPSON; ROSCH, 2001, capítulos X e XI.

Para Bergson, o conhecimento se dá através de sensações de fenômenos externos apreendidos por nossos órgãos sensitivos, sendo este um dos elementos da percepção. A percepção, além das sensações externas (relativas à matéria), seria formada também pela memória, ou seja, pelos rastros deixados em nossa consciência retencional por experiências passadas. Existem ainda as afecções que, num determinado momento, surgem das imagens decorrentes das apreensões externas. As afecções são as sensações e as intenções advindas do interior do nosso corpo que misturamos à imagem dos corpos exteriores. As percepções estão sempre impregnadas de lembranças (memórias), ao mesmo tempo em que uma lembrança não se faz presente a não ser tomando emprestado a forma de uma percepção. Percepção e lembrança sempre se interferem e se penetram, fazendo interagir algo de suas substâncias. As percepções em nossa consciência se fundem numa continuidade aparente, através de uma modulação entre a(s) imagem(ns) da matérias exteriores e outras imagens anteriores relacionadas a esta e armazenadas em nossa memória. Numa analogia com a percepção visual, há sempre duas imagens que são percebidas num mesmo instante, relativas às nossas duas retinas. Estas imagens se modulam e se fundem numa única percepção imagética, formando uma única informação visual. (BERGSON, 2010 [1939], pp. 56 - 70).

Em relação à definição do tempo temos duas possibilidades, sendo uma homogênea e a outra heterogênea, tal como Bergson sustentou em sua tese de doutorado *Ensaio sobre os dados imediatos da consciência* (1988 [1889]). A duração pura, heterogênea, é inextensiva e se configura como a forma de sucessão de nossos fenômenos da consciência. A segunda possibilidade é o tempo cronométrico, homogêneo, um tempo medido no qual intervém a ideia de espaço. Para Bergson, não é suficiente reduzirmos a noção de tempo à forma de um meio homogêneo (o espaço), trazendo-o para o domínio da consciência pura, que se configura como um meio heterogêneo no qual há uma multiplicidade de sensações. A duração pura não estabelece uma separação entre o estado presente e os anteriores, mas sim uma interpenetração do passado no presente através da fusão de estados de consciência que tem como propriedade a irreversibilidade, tal como uma síntese virtual entre sucessão e coexistência. A duração pura, portanto, funde em uma continuidade diferentes estados de consciência advindos de temporalidades distintas e estados de consciência heterogêneos (BERGSON, 1988 [1889], pp. 71 - 72).

Gaston Bachelard, por outro lado, concebeu uma filosofia do tempo baseada no princípio da descontinuidade no interior dos fenômenos e da matéria. Podemos afirmar que o fundamento epistemológico desta teoria está baseado nas descobertas da física do início do século XX, relacionadas à descrição dos fenômenos no nível quântico, que culminou na formatação da teoria da mecânica quântica (introduzida no Capítulo I desta tese).

Um dos pressupostos de sua teoria sobre o tempo, teoria esta fundamentada na descontinuidade do instante (considerado o átomo temporal), é a adoção da doutrina do acidente como princípio. A ideia de acidente estaria ligada a qualquer tentativa de alteração, mudança ou evolução, ou seja, estaria atrelada à uma quebra da continuidade. A percepção do tempo e de sua duração só pode ser observada ou sentida através dos instantes. A duração, desta forma, é configurada como uma poeira de instantes (BACHELARD, 2007 [1931], p. 27 - 37). Em *A intuição do instante* (2007 [1931]), Bachelard define os pontos básicos de sua teoria sobre o tempo, baseados na tese da intuição temporal proposta pelo historiador Gaston Roupnel:

- 1) O caráter absolutamente descontínuo do tempo
2. O caráter absolutamente puntiforme do instante (somente o nada seria realmente contínuo)

A fim de atrelar estas noções à percepção, ele ainda afirma a característica de tripla essência do fenômeno temporal, formado por espaço-tempo-consciência. Este complexo é desprovido de qualquer relação causal: “o complexo espaço-tempo-consciência é o atomismo de tripla essência [...] sem comunicação com as coisas, sem comunicação com o passado, sem comunicação com as almas alheias” (BACHELARD, *Op. Cit.*, p. 41).

A análise temporal de uma ação é necessariamente descontínua. A partir da doutrina do acidente como princípio, o tempo pode ser definido como uma série de rupturas, pois os centros decisivos do tempo são as suas descontinuidades. Dentro desse contexto, a ideia de duração adquire uma importância menor, em detrimento da afirmação das dimensões de profundidade, densidade e intensidade, qualitativamente atribuídas ao instante. “Um estudo puramente temporal da fenomenologia conduz a considerar muitos grupos de instantes, muitas durações

sobrepostas, que sustentam diferentes relações⁵³ (BACHELARD, 1972 [1950], p. 90, tradução nossa). Se a percepção do tempo por vezes aparenta ser contínua, esta constatação é devida à superposição de diferentes tempos descontínuos independentes formadores de um tecido temporal. De fato, o tempo possui muitas dimensões, uma espessura e uma profundidade.

Analogamente a esta afirmação sobre a espessura do tempo, Bachelard desenvolve uma análise da espessura musical e poética (1972 [1950], pp. 112 - 128; 2007 [1939], pp. 99 - 107). Seleccionamos uma frase que, no nosso entender, sintetiza o pensamento de Bachelard através de um viés artístico: “Ser poeta, é multiplicar a dialética temporal, é refutar a continuidade fácil da sensação e da dedução; é refutar o repouso catagênico para acolher o repouso vibrado, o psiquismo vibrado⁵⁴” (BACHELARD, 1972 [1950] p. 125, tradução nossa).

Assim, o tempo possui uma dialética presente em relação às suas diferentes escalas. Em relação ao nível do macrotempo, dos movimentos celestes, nossa percepção os apreende como fenômenos contínuos e estáveis. Por outro lado, no contexto de uma microfenomenologia, os fenômenos microtemporais são descontínuos e fundamentados em rupturas que não apresentam relações causais. Existe uma infinidade de instantes que não estão ligados, os quais formam um ambiente de incerteza. Este fato abre espaço, nos domínios da física, para a adoção de cálculos probabilísticos para o estabelecimento de possibilidades temporais e espaciais (BACHELARD, 1972, pp. 62 - 66). A descontinuidade temporal no nível do microtempo ainda confere à matéria um caráter vibratório, ondulatório (frequencial) e energético. A energia, na mecânica quântica, corresponde a uma frequência. Portanto, de maneira geral, pode-se afirmar que todos os objetos e organismos possuem configurações espaciais e temporais.

2.3.2 Processos irreversíveis orientados temporalmente

A ciência contemporânea, a partir da segunda metade do século XX, tem empregado e analisado processos de não-equilíbrio em diversas das suas áreas. A

⁵³ “Un étude purement temporelle de la phénoménologie conduit à considérer plusieurs groupements d’instantes, plusieurs durées superposées, qui soutiennent différents rapports.” (BACHELARD, 1972 [1950], p. 90).

⁵⁴ “Être poète, c’est multiplier la dialectique temporelle, c’est refuser la continuité facile de la sensation et de la déduction ; c’est refuser le repos catagénique pour accueillir le repos vibré, le psychisme vibré” (BACHELARD, 1972 [1950], p. 125).

física do não-equilíbrio estuda os processos dissipativos e descontínuos cuja característica é a irreversibilidade, processos que possuem um tempo unidirecional e implicam numa quebra da simetria temporal encontrada na mecânica clássica, por exemplo, nas leis de Newton. Dentro da ciência dos processos irreversíveis orientados no tempo, a entropia, introduzida pela termodinâmica do século XIX, é um conceito fundamental.

Segundo Ilya Prigogine (1996, p. 25), processos macroscópicos tais como reações químicas e a radiação solar, são processos irreversíveis, ou seja, possuem um tempo orientado. De maneira geral, os processos que ocorrem na natureza, de maneira construtiva, são irreversíveis; os processos reversíveis, pelo contrário, sempre correspondem a idealizações. O conceito de entropia, associado ao segundo princípio da termodinâmica por Rudolf Clausius em 1865, promove a distinção entre processos reversíveis e irreversíveis, sendo definido como a grandeza que mensura o grau de irreversibilidade de um sistema. Nos dois primeiros princípios da termodinâmica, temos as respectivas leis: “A energia do universo é constante” e “a entropia do universo cresce na direção de um máximo”. Nos processos reversíveis, a entropia se mantém constante; são os processos irreversíveis que produzem entropia, sendo que as estruturas dissipativas geralmente aumentam a produção de entropia.

Na virada do século XIX para o século XX, Henri Poincaré indicou a possibilidade de existência de ressonâncias (relações de frequência) entre graus de liberdade dos sistemas dinâmicos, tratando-os por um viés ondulatório. Se uma partícula é afastada do centro, ela oscilará em uma frequência definida. Observou-se que um sistema tende a se aproximar do equilíbrio na medida em que suas partículas começam a se organizar a partir de ressonâncias. Neste contexto, um campo eletromagnético pode ser descrito como a superposição de frequências, cujo comprimento de onda varia desde as dimensões de partículas elementares até o tamanho do sistema. As ressonâncias surgem quando a frequência do campo é igual ou proporcional à frequência dos osciladores que fazem parte do sistema (PRIGOGINE, 1996, p. 118).

2.3.3 Thom: Saliências, pregnancies e teoria das catástrofes

Estruturas espaciais de não-equilíbrio foram observadas no contexto da morfogênese, um processo de formação de organismos descrito num contexto bioquímico pelo matemático Alan Turing (1952). A morfogênese pode ser definida como o desenvolvimento de formas a partir de pequenas estruturas. Como exemplo na biologia, temos os embriões e, no ambiente físico-químico, as pequenas partículas. Neste contexto, a questão que se coloca é se as formas vivas possuem características morfológicas particulares que as separam dos fenômenos da natureza inanimada⁵⁵ (THOM, 1990, In: THOM, 1990 p. 185). A hipótese de Simondon (2005 [1958], p. 32) nos leva a acreditar que a noção de forma e informação, cuja propagação pode ocorrer, por exemplo por transdução, pode se dar tanto em operações físicas, biológicas, mentais ou sociais.

Segundo René Thom (“Les théories de la morphogenèse”, 1990, In: THOM, 1990, p. 183 - 189), a noção de forma sempre pressupõe uma descontinuidade qualitativa, a qual separa os pontos do espaço contidos dentro da forma definida dos pontos de seu exterior. Topologicamente, uma forma é um espaço fechado pertencente a um meio. Em relação aos diferentes subconjuntos dentro de uma organização topológica, existe a questão da unidade de uma forma. A unidade é garantida pela ação de forças que possuam um alcance suficientemente grande para conectar todos os elementos. A definição de unidade de uma forma também é utilizada por Thom para explicar sua concepção de obra de arte, tal como a imagem de um morfismo de forças que agem dentro das formas⁵⁶. A forma é uma unidade perceptível, por vezes estática. A força, por sua vez, é uma entidade invisível que acaba por gerar efeitos dinâmicos e perceptíveis. Nesse contexto, a ideia força está ligada intrinsecamente à causalidade e à irreversibilidade do tempo.

A comunicação, tal como define Thom (“Morphologie du sémiotique”, 1981, In: THOM, *Op. Cit.*, pp. 53 - 65), é um processo morfológico de transferência de uma forma (ou informação de acordo com a definição de Simondon, a qual discutiremos mais adiante) entre um emissor e um receptor. Dentre os elementos comuns a todos os processos de informação, destaca-se a presença de uma

⁵⁵ As morfologias físico-químicas têm como característica a existência de fases da matéria (fases sólida, líquida e gasosa). Os pontos de mudança de fase, ou seja, os pontos de descontinuidade conhecidos como pontos críticos, têm como característica uma grande instabilidade e podem ser regidos de acordo com o modelo das catástrofes elementares.

⁵⁶ “L’art, lieu du conflit: des formes et des forces” (1984), In : THOM, *Op. Cit.*, pp. 131 – 138.

diferença de nível de energia potencial, a qual coloca o emissor num nível abaixo do receptor. Em relação à percepção das formas, Thom define duas categorias opostas que caracterizam nossa apreensão fenomenológica, cuja significação é bastante relevante: as saliências (*saillances*) e as pregnâncias (*prégnances*).

As saliências ou as formas salientes são as discontinuidades perceptivas, os acidentes morfológicos. São todas as formas que impactam nossos órgãos sensitivos, devido ao seu caráter abrupto ou imprevisto. Estas formas são transitórias e caracterizadas por irregularidades ou quebras de simetria, periodicidade e previsibilidade. As formas pregnantas estão ligadas à estabilidade de uma estrutura perceptiva, são estruturas estas associadas a uma qualidade inextensiva ou um afeto. Estas formas, por sua vez, provocam nos organismos efeitos estacionários (sensações) de longa duração, os quais muitas vezes estão ligados a questões instintivas ou biológicas, tais como fome, sede, medo, atração sexual, etc. Uma forma exterior é pregnant para um organismo quando a percepção desta forma gera reações psicofisiológicas de certa amplitude, as quais podem ser caracterizadas como uma atração ou repulsão (THOM, 1988, pp. 15 - 34).

Uma observação importante é a possibilidade de coexistência entre as saliências e as pregnâncias num mesmo espaço ou campo perceptivo, tal como assevera Thom: “Pode-se portanto considerar a pregnância como um tipo de fluido invasivo que se infiltra no campo fenomenal das formas vividas por intermédio destas fissuras do real que constituem as formas salientes”⁵⁷ (THOM, 1981, In: THOM, 1990, p. 56, tradução nossa). Assim, as pregnâncias biológicas tendem a contaminar por contiguidade espaço-temporal as formas salientes através de dois processos clássicos: por contiguidade e por similitude (THOM, 1985, In: THOM, 1990, p. 190). As pregnâncias tendem a se instalar e se amplificar após o aparecimento de saliências perceptivas, sendo que elas ganham seu espaço através da transmissão de informação por contato entre as moléculas ou átomos próximos. Estas mesmas pregnâncias tendem somente a desaparecer a partir do aparecimento de uma nova saliência que quebra a continuidade estabelecida a qual, posteriormente, pode ser invadida por outro fenômeno pregnant. É interessante observar que este método de entendimento dos fenômenos pode ser aplicado a

⁵⁷ “On doit donc considérer la prégnance comme une sorte de fluide invasif qui s’infiltra dans le champ phénoménal des formes vécues par l’intermédiaire de ces fissures du réel que constituent les formes saillantes” (THOM, 1981, In : THOM, *Op. Cit.*, 1990, p. 54).

diversas áreas do conhecimento tais como aos fenômenos naturais (não animados), biológicos, artísticos, psíquicos ou sociais.

De acordo com Wildgen (2010), o termo “saliência” cunhado por Thom promove uma analogia entre os campos físico e perceptivo, extraindo de uma maneira otimizada um conteúdo sistemático entre estas duas áreas. Por outro lado, o termo “pregnância” tem sua origem no termo em língua alemã “*prägnanz*”, difundido pela psicologia da *Gestalt*. Este termo significa que algo percebido, enunciado e lembrado tem propriedades excepcionais que as tornam relevantes em uma situação específica. O processo de difusão de uma pregnância é principalmente algo que significa uma criação (invenção) e não apenas uma distribuição de uma informação oriunda de uma fonte original.

Simondon (2005 [1958], p. 244) afirma que é necessário distinguir a estabilidade da percepção de sua pregnância. A pregnância de uma percepção advém de seu grau de intensidade, mas não de sua qualidade ou do número de sinais. Assim, ela é ligada ao caráter dinâmico do campo perceptivo e acima de tudo o alcance de uma solução para uma problemática vital, e não apenas a consequência de uma forma. Uma determinada percepção pode ser prenante para um indivíduo, mas não para um outro, revelando seu caráter individual. Thom ainda relaciona as formas salientes e prenantes ao princípio da individuação, cuja teorização mais recente foi realizada por Simondon (2005): “As únicas formas salientes próprias a receber uma pregnância são as formas individuadas⁵⁸” (THOM, 1981, In: THOM, 1990, p. 60, tradução nossa). No âmbito da física, as pregnâncias são chamadas de campos, sendo a energia a forma indiferenciada de pregnância, a qual se conserva de maneira quantitativa. Dentro da mecânica quântica todo campo se individua em partículas.

Thom também é o autor da teoria das catástrofes⁵⁹ (1976), uma metodologia que permite organizar dados da experiência em diversas condições, a partir da construção de sistemas dinâmicos irreversíveis que resultam em uma morfologia contínua ou num conjunto de fenômenos descontínuos⁶⁰. Estes sistemas,

⁵⁸ “Les seules formes saillantes propres à recevoir une prégnance sont des formes individuées” (THOM, 1981, In : THOM, *Op. Cit.* p. 60).

⁵⁹ Sobre um detalhamento da teoria das catástrofes, Cf. THOM, 1976, In: THOM, 1990 pp. 335 - 451 e THOM, 1985 (Capítulo III).

⁶⁰ Na teoria das catástrofes, admite-se que a evolução global de um sistema se apresenta como uma sucessão de evoluções contínuas, separadas por saltos bruscos qualitativamente diferentes (THOM, 1985, p. 86).

de modo geral, apresentam substratos de continuidade, sobre os quais ocorrem quebras desta continuidade, denominadas catástrofes, que não chegam a destruir o sistema. Os pontos onde ocorrem estas quebras de continuidade são denominados pontos críticos (*points critiques*). Estas rupturas de continuidade, que resultam em saltos quantitativos (ou qualitativos quanto nos referimos a um campo fenomenal), são regidas pelas trajetórias da dinâmica interna do sistema. No caso de uma morfologia contínua, as transformações ocorrem através de mudanças gradativas regidas por um coeficiente relacionado à liberação da energia potencial do sistema.

A teoria das catástrofes, nos seus casos mais usuais, traz apenas uma classificação local de singularidades. As singularidades normalmente significam acidentes morfológicos que impactam um processo contínuo subjacente, os quais não afetam (ou afetam pouco) a evolução temporal destes processos. No entanto, em alguns casos específicos, tais como alguns modelos psicológicos e sociais, estes podem ser afetados de forma causal pelas descontinuidades morfológicas, originando um efeito na evolução dos processos (THOM, “Le statut épistémologique de la théorie des catastrophes”, 1976, In: THOM, 1990, p. 407).

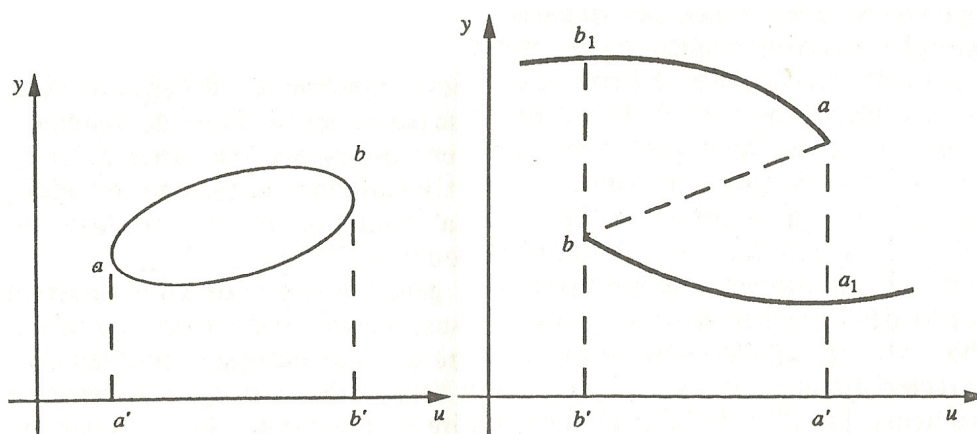


Fig. 31: Morfologias ou sistemas contínuos e descontínuos (THOM, 1976, In: THOM, 1990, pp. 400 - 401)

Na Fig. 31 temos a representação de dois sistemas que resultam em diferentes morfologias. O primeiro sistema (da esquerda) é representado por uma curva fechada convexa que apresenta dois pontos críticos, *a* e *b*. Este é um sistema que apresenta uma morfologia contínua. O segundo sistema (à direita), é um sistema descontínuo que também apresenta dois pontos críticos, *a* e *b*. Os pontos críticos deste sistema, no entanto, são pontos de catástrofes, pois a partir deles são

geradas descontinuidades, ou seja, uma quebra da regularidade do sistema. Entre os pontos *a* e *b* há um salto quantitativo (ou, em determinados sistemas, qualitativo) que implica na quebra de continuidade, sem que haja uma destruição do modelo formal. Estas quebras de continuidade podem representar saltos escalares que, por exemplo, podem gerar diferenças de ordem sensível em nosso campo fenomenal.

Thom propõe uma explicação teoria das catástrofes através de uma analogia com o mito da caverna de Platão, no qual os homens da caverna veem apenas os reflexos das coisas exteriores e não os fenômenos em si.

A teoria das catástrofes supõe justamente que as coisas que vemos são reflexos e que, para chegar ao próprio ser, é preciso multiplicar por um espaço auxiliar e definir este espaço produzido o ser mais simples que, por projeção, dá origem à morfologia observada (THOM, 1985, p. 111).

Esta afirmação pode ser interpretada como o fato de que a nossa percepção muitas vezes não dá conta de toda a realidade, ela apenas apreende a informação que nossos órgãos estão aptos a captar (quantidade e a qualidade destas informações varia de organismo para organismo). Após o ato perceptivo, nosso sistema cognitivo engloba todas estas informações descontínuas apreendidas num agregado contínuo e inteligível (representado por imagens). O fenômeno em si, seja qual for a sua origem, na maioria das vezes é muito mais complexo do que aquilo que podemos apreender, apresentando descontinuidades e saliências no seu interior, algo que somente pode ser percebido através de instrumentos que amplificam a capacidade de nosso sistema perceptivo.

No esquema apresentado na Fig. 32 temos uma representação de um sistema fechado clássico, o modelo da caixa preta, o qual apenas se comunica com o exterior pela sua entrada e sua saída. O que a teoria das catástrofes pode proporcionar através de sua metodologia é a reconstrução das operações intrínsecas que acontecem dentro da caixa, ou seja, interpretar seus mecanismos internos que geraram a estrutura final, a partir do conhecimento das informações da entrada e da nuvem de pontos da saída do sistema, seja por um viés matemático, seja por um viés descritivo (fenomenológico). Temos, nesta explicação, uma semelhança no método desta teoria com o método alagmático, a teoria das operações proposta por Simondon, o qual abordaremos no próximo item.

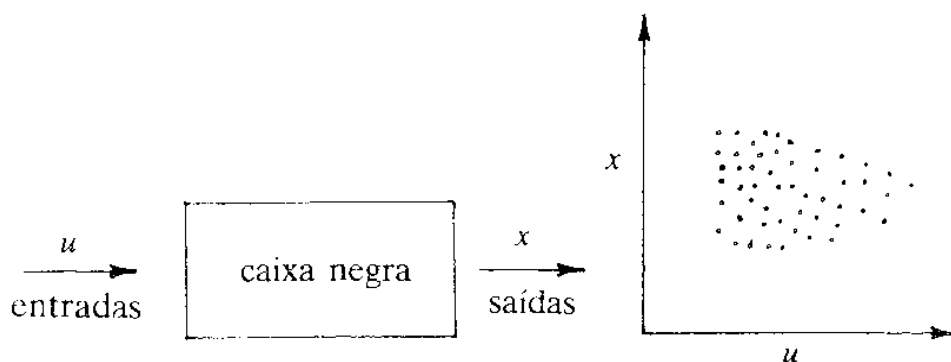


Fig. 32: O esquema da caixa negra e a saída como uma nuvem de pontos (THOM, 1985, p. 87)

2.3.4 O Princípio da Individuação e o método alagmático de Simondon

Na sua análise sobre as formas salientes e pregnantes, Thom menciona o problema da individuação de formas ao afirmar que as únicas formas salientes próprias a receber uma pregnância são as formas individuadas (THOM, 1981, In: THOM, 1990, p. 60 - 65). Mais adiante, no mesmo artigo, afirma que a origem geral da individuação das pregnâncias é um problema ainda obscuro, sobre o qual podemos apenas emitir conjecturas. Neste sentido, a fim de aprofundar este problema, trazemos a noção de individuação em Simondon, teoria desenvolvida como a primeira parte de sua tese de doutorado (1958), que só veio a ser publicada em sua totalidade muito tempo depois, sob o título de *L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information* (2005).

De maneira geral, as teorias de Thom e Simondon apresentam pontos de partida distintos. No caso da teoria das catástrofes de Thom, os pontos críticos de descontinuidades, ou seja, as catástrofes, agem sobre um substrato contínuo, enquanto que o ponto de partida da teoria da individuação de Simondon é a propagação das próprias descontinuidades singulares (SARTI, MONTANARI, GALOFARO, 2015, Prefácio). Segundo Sarti e Piotrowski⁶¹ (2015, In: *Op. Cit.*, p. 49 - 73), o processo de individuação lida com a gênese e a construção de formas, além de como elas diferem entre si. É importante sinalizar que fundamento epistemológico da tese de Simondon é a mecânica quântica, da mesma forma que a teoria das catástrofes de Thom.

⁶¹ Individuation and semiogenesis: an interplay between geometric harmonics and structural morphodynamics (2015).

Assim, o Princípio da Individuação em Simondon é o atomismo, ou seja, a existência de uma infinidade de átomos, com a intenção de explicar a formação de uma partícula elementar a partir de operadores contínuos, sendo que o seu interesse é o estudo da construção de formas nos níveis físico, biológico, perceptivo e social. A partir da ideia da existência de uma individuação da energia na relação entre as partículas, Simondon promove a convergência de duas teorias da física contemporânea: a Teoria Quântica do final do século XIX e do início do século XX e a Teoria da Mecânica Ondulatória proposta por Louis de Broglie, em 1924.

O princípio da dupla solução da mecânica ondulatória, mencionado por Simondon, seria a afirmação de que toda solução contínua de suas equações estaria, de alguma forma, dobrada por uma solução comportando uma singularidade geralmente móvel, ou seja, o corpúsculo, que apresentaria a mesma fase da solução contínua. Entre estas duas soluções ondulatórias não há diferença de fase, mas há uma diferença considerável de amplitude. Neste contexto, o indivíduo (corpúsculo) não seria uma realidade isolada, mas considerado como uma singularidade de uma onda. Por este fato, é impossível que ele possua uma definição isolada, sua definição somente é possível a partir de sua interação com outras realidades físicas. O indivíduo não se define por si só, mas através de suas relações com outros indivíduos, relações estas transdutivas⁶² exercidas por e através de um campo de forças modificador de todo o sistema. A relação existe a todo momento em forma de potencial, a qual pode ou não ser desencadeada, promovendo a modificação do indivíduo e do sistema (SIMONDON, 2005 [1958] p. 138 - 143).

O Princípio da Individuação de Simondon também se fundamenta no princípio da complementariedade, introduzido por Niels Bohr (1928), o qual afirma que um indivíduo físico pode se comportar tanto como onda ou como corpúsculo, mas não das duas maneiras ao mesmo tempo ou num mesmo fenômeno. A hipótese de Simondon (2005, pp. 110 - 111) é a de que quando um indivíduo se comporta como corpúsculo, o ser com o qual ele se relaciona se comporta como onda. Da mesma forma, quando um indivíduo se comporta como onda, o ser com o qual ele se relaciona se comporta como corpúsculo. Em outras palavras, em toda relação há

⁶² Uma característica importante do processo de individuação é a transmissão de informação por transdução, ou seja, sua propagação através de partículas, moléculas, organismos ou indivíduos próximos uns aos outros no interior de um domínio maior. O pensamento transdutivo consiste em estabelecer identidades de relações que não se baseiam em semelhanças, mas em diferenças. A operação transdutiva é o fundamento da individuação pois esta conserva a informação transmitida entre os indivíduos do sistema (SIMONDON, 2005 [1958], p. 32 - 34).

um termo contínuo e outro descontínuo. A noção de complementariedade seria o encontro epistemológico de uma noção obtida por indução (corpuscular) e de outra obtida por dedução (ondulatória).

Assim, a individuação é o nascimento de uma forma no momento de sua operação, a atualização da energia dentro de um sistema no momento de sua ocorrência, caracterizando-se como um processo irreversível não explicável pela análise dos elementos encontrados no indivíduo após o término do processo. Trata-se uma operação amplificadora que transmite ao nível macrofísico as propriedades presentes na descontinuidade⁶³ do nível microfísico, além de possuir uma realidade mais rica que o indivíduo resultante. Simondon a define desta maneira:

O princípio da individuação é a operação que realiza uma troca energética entre a matéria e a forma, até que este conjunto atinja um estado de equilíbrio. Pode-se dizer que o princípio da individuação é a operação alagmática comum à matéria e à forma através da atualização da energia potencial⁶⁴ (SIMONDON, 2005, p. 48, tradução nossa).

Ou ainda:

A individuação exprime uma mudança de fase do ser de um (deste) sistema, evitando sua degradação, incorporando sob forma de estruturas os potenciais energéticos deste sistema, compatibilizando os antagonismos, resolvendo o conflito interno do sistema. A individuação perpetua o sistema através de uma mudança topológica e energética; a verdadeira identidade não é a identidade do indivíduo em relação à ele mesmo, mas a identidade de permanência concreta do sistema através das suas fases⁶⁵ (SIMONDON, 2005, p. 66, tradução nossa).

A individuação, portanto, é a afirmação da importância do processo acima de seu resultado final, uma operação energética que ocorre na matéria a qual resulta na obtenção de uma forma. A alagmática, por sua vez, é uma tentativa de se

⁶³ Para Simondon a noção de descontinuidade é essencial para o estabelecimento de uma teoria de relações, tal como a Teoria Alagmática, no que diz respeito à representação dos fenômenos. Esta noção pode ser aplicada às massas, cargas, posições de estabilidade de partículas, como também às quantidades de energia absorvidas ou cedidas numa mudança de estrutura (SIMONDON, 2005, p. 101).

⁶⁴ "Le principe d'individuation est l'opération qui réalise un échange énergétique entre la matière et la forme, jusqu'à ce que l'ensemble aboutisse à un état d'équilibre. On pourrait dire que le principe d'individuation est l'opération allagmatique commune de la matière et de la forme à travers l'actualisation de l'énergie potentielle" (SIMONDON, 2005, p. 48).

⁶⁵ "L'individuation exprime un changement de phase d'être de ce système, évitant sa dégradation, incorporant sous forme de structures les potentiels énergétiques de ce système, compatibilisant les antagonismes, résolvant le conflit interne du système. L'individuation perpétue le système à travers un changement topologique et énergétique ; la véritable identité n'est pas l'identité de l'individu par rapport à lui-même, mais l'identité de la permanence concrète du système à travers ses phases" (SIMONDON, 2005, p. 66).

estabelecer uma teoria das operações que estude e analise este processo. Por definição, a alagmática é a tentativa do estabelecimento de uma sistematização das estruturas, partindo do princípio de que uma operação é uma conversão de uma estrutura numa outra. Seu objetivo é definir a relação entre diferentes operações ou a relação entre uma operação e uma estrutura (SIMONDON, 2005, pp. 559 – 561). O fundamento epistemológico da alagmática são as proposições da mecânica ondulatória, cujo objetivo é estudar diferentes modalidades do pensamento transdutivo.

Na teoria da individuação, o princípio do hilemorfismo aristotélico, no qual todos os corpos são compostos por matéria e forma, é negado, em detrimento da noção de informação, a qual pressupõe a existência de um sistema em estado de equilíbrio metaestável que pode se individuar. Dentro da noção de individuação o ser é pensado como um sistema tensionado, supersaturado, abaixo do nível da unidade e possuidor de um equilíbrio metaestável.

Dentro deste contexto, a noção de forma (tal como o princípio aristotélico do hilemorfismo ou como a noção de “boa forma” oriunda da *Gestalt*) é insuficiente e deve ser substituída pela noção de informação. Tal como afirma Simondon “a noção de informação supõe a existência de um sistema em estado de equilíbrio metaestável que pode se individuar”⁶⁶ (2005, p. 35, tradução nossa). Assim, a boa forma seria aquela que mantém o nível energético do sistema, conservando seus potenciais ao compatibilizá-los. A informação é entendida como a chegada de uma singularidade, criando uma comunicação entre os diferentes níveis do sistema.

Através do exemplo da argila (matéria), que a partir de um molde toma a forma de um tijolo, Simondon explica a sua ideia de forma e informação. A matéria (argila) que está a ponto de tomar uma forma (tijolo) está num estado de ressonância interna completa, no qual aquilo que acontece em uma partícula acontece também em todas as outras. Este estado de ressonância interna é atingido por meio de uma operação técnica, assim como através de condições energéticas e topológicas. A ressonância, portanto, é a comunicação entre uma matéria de nível atômico com uma energia macrofísica, a partir de uma dimensão topológica de tamanho médio.

⁶⁶ “La notion d’information suppose l’existence d’un système en état d’équilibre métastable pouvant s’individuer” (SIMONDON, 2005, p. 35).

A forma que se materializa é o limite ou a fronteira de um sistema, no qual a matéria é o veículo desta energia e a forma a sua modulação⁶⁷. Como condição deste processo, a materialização da forma somente pode ocorrer se matéria e forma estão reunidas num só sistema por uma condição energética de metaestabilidade. O conceito de sistema é necessário para a definição desta condição energética, pois a energia potencial somente existe em relação às possíveis transformações de um sistema definido (SIMONDON, *Op. Cit.*, pp. 61 - 63). A energia potencial de um sistema está ligada à capacidade de transformação de seu sistema energético, desta forma, para que uma energia seja potencial, é necessária a presença de uma relação de heterogeneidade, de dissimetria, ou seja, um sistema possui energia potencial quando ele não se encontra num estado estável.

Neste contexto, a forma é pensada como o estado de forças de tensão, uma energia potencial que determina sua dimensão, mantidos pela sua topologia e por seus isolamentos internos. A forma se refere ao nível macrofísico do sistema, enquanto que a matéria é o sistema tomado em seu nível microfísico, molecular, granular. Por outro lado, dentro de uma situação hilemórfica existem apenas forma e matéria, dois níveis de grandeza sem comunicação. A comunicação entre estes níveis, através de suas transformações energéticas, detonadoras da individuação, pressupõe a aparição de uma singularidade, denominada informação (SIMONDON, *Op. Cit.*, p. 82).

2.4 Isomorfismo entre diferentes escalas temporais

A partir do arcabouço teórico apresentado, traremos a discussão a respeito de forma e percepção para o contexto musical, mais especificamente em relação a algumas concepções que tangem o processo criativo. Veremos como Karlheinz Stockhausen (1928 - 2007), György Ligeti (1923 - 2006), Gottfried Michael Koenig (1926), Gérard Grisey (1946 - 1998) e Horácio Vaggione (1943), cinco importantes compositores que atuaram no XX e ainda atuam no século XXI, como são os casos de Koenig e Vaggione, teorizaram e realizaram de maneira prática em suas obras algumas noções de tempo, escalas temporais e forma.

⁶⁷ Um modulador é um molde temporal contínuo. Moldar é modular de maneira definitiva; modular é moldar de maneira contínua e perpetuamente variável (SIMONDON, 2005, p. 47).

Iniciaremos pela definição das escalas temporais utilizadas dentro de um processo composicional. Constituem escalas temporais todas as variáveis que são operadas dentro de um processo composicional que possuem uma informação temporal, abrangendo desde o microtempo (abaixo do nível temporal da nota) até o macrotempo (notas, ritmo e forma). Podemos tratar estas escalas e informações tal como uma morfologia contínua, a qual procura constituir uma unidade a partir de seus valores (formando uma única escala) ou também como uma morfologia descontínua, que apresenta pontos críticos de descontinuidade dentro de um único sistema morfológico, desta maneira formando um sistema multiescalar. Esta abordagem, que discutiremos a seguir, apresenta uma metodologia alagmática, pois procura estudar os processos e operações empregados por estes compositores, com a intenção de trabalhar as noções de tempo e forma em suas obras, além de como estas estruturas criadas são percebidas pelo ouvinte.

Entre as décadas de 1950 e 1960, os compositores ligados ao Estúdio de Colônia buscavam alternativas à estruturação musical baseada no serialismo integral, técnica de composição que foi estabelecida como diretriz estética na música eletrônica realizada dentro deste estúdio, a fim de se realizar a composição do timbre a partir da serialização de parciais frequenciais senoidais, assim como também de outras variáveis tais como intensidade e tempo. O modelo de serialismo adotado era o de Webern, ainda que este não possa ser considerado como integral (MENEZES 1991, In: MENEZES 2009).

Por outro, lado no ambiente da música eletrônica, também temos a introdução da noção de *forma estatística*, termo utilizado por Herbert Eimert (1897 - 1974), compositor e diretor do estúdio, a fim de definir a distribuição formal dos eventos musicais com base estatística dentro de uma obra musical (EIMERT, 1959). A fim de definir este procedimento, Eimert baseou-se na estruturação formal da obra *Jeux* (1912 - 13) de Claude Debussy, considerando esta como a primeira obra que utiliza a ideia de forma estatística, desprendendo-se da ideia de uma forma definida previamente tal como encontramos em obras românticas e clássicas, fundamentadas no sistema tonal. Temos, em *Jeux*, elementos mínimos figurativos que são variados, divididos, aumentados e sobrepostos dentro de um fluxo musical em constante evolução. Além disso, a orquestração da obra é definida a partir da ideia de densidade sonora, apresentando momentos bastante sutis que evoluem gradualmente tal como uma forma de onda, proporcionando uma percepção formal

bastante orgânica baseada na distribuição estatística dos eventos musicais no tempo. Na Fig. 33 apresentamos um gráfico realizado por Eimert que procura representar visualmente a evolução gradual dos eventos realizada por Debussy em *Jeux*.



Fig. 33: Forma estatística em *Jeux* de Debussy (EIMERT, 1959, p. 18)

Na Fig. 33 temos, na parte inferior, a redução para piano do trecho entre os compassos 473 e 475 de *Jeux*. A distribuição da orquestração das alturas entre os instrumentos é representada logo acima, assim como seu resultado perceptivo em termos de intensidade sonora. Nota-se que o *crescendo* que ocorre a partir da indicação de *p* (piano) no compasso 473 se dá pela introdução de novos instrumentos, bem como uma direcionalidade gradual que vai das alturas graves para as agudas. O trecho se inicia no compasso 473 com violinos e violas em trilo, além de notas executadas pelos fagotes e pelas trompas. Logo a seguir temos a entrada do oboé e uma transição das violas e violinos para uma oitava acima, além da entrada dos clarinetes e flautas. No compasso 475 chega-se ao *fortissimo* com a entrada dos trompetes e trombones, além do rulo no tímpano e nos pratos, sinalizando o ponto culminante do trecho em termos de intensidade sonora,

intensidade esta que decai gradualmente a partir deste ponto na direção de uma sonoridade bastante sutil. Observa-se claramente no topo da Fig. 33 esta evolução gradual das dinâmicas que demonstram como a forma sonora do trecho é percebida pelo ouvinte.

De maneira similar ao gráfico analisado acima, temos na Fig. 34 um outro esquema gráfico que ilustra o tipo de serialização do timbre empregado pelos compositores do Estúdio de Colônia, esquema referente à *Peça eletrônica nº 3 de György Ligeti (1957)*, peça que não foi terminada pelo compositor. Neste gráfico, temos o tempo no eixo horizontal (em centímetros de fita) e as alturas (frequências) no eixo vertical (frequências graves abaixo e frequências agudas acima), similarmente à distribuição que encontramos numa partitura. Este tipo de noção temporal utilizada nos remete à uma ideia espacializada do tempo já que, nos magnetofones utilizados na época, utilizava-se uma velocidade de 76,2cm/s. Ligeti representa graficamente a evolução temporal dos parciais senoidais empregados neste trecho, analogamente ao que Eimert quis demonstrar através do trecho analisado de *Jeux*, que procura descrever a forma sonora que percebemos ao ouvir a obra. O que podemos observar na composição de Ligeti é a busca de um timbre contínuo que evolui gradualmente no tempo, passando por diferentes transformações, procedimento denominado *timbre de movimento (Bewegungsfarbe)*, que abordaremos mais adiante.

O trecho apresentado tem uma duração aproximada de 4.7s, pois nele temos representado cerca de 360cm de fita. Podemos observar o momento em que determinada frequência surge, assim como sua duração. Por esta razão, um timbre é formado a partir da superposição de inúmeros parciais senoidais. Temos, no caso apresentado, um timbre contínuo de configuração dinâmica, cujos parciais estão concentrados nas regiões grave e aguda do espectro de frequências. Os parciais surgem e desaparecem em diferentes momentos, fazendo com que sua complexidade aumente ou diminua, em relação à sua quantidade e distribuição.

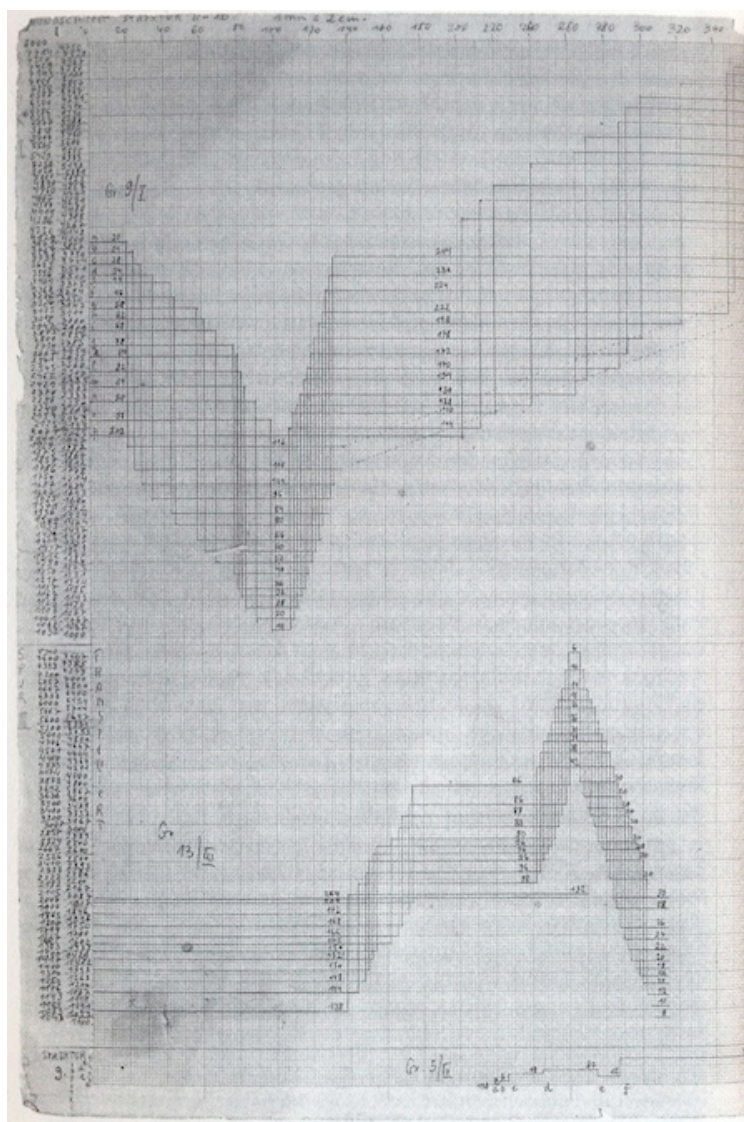


Fig. 34: Esquema gráfico de Ligeti da *Pièce électronique nº 3* (LIGETI, 1980, In: LIGETI, 2010, p. 178)

Koenig (1987) afirmou, considerando o método de composição empregado dentro do Estúdio de Colônia nos anos 1950, que as preocupações eram focadas no material, ou seja nos sons produzidos e no seu método de organização a partir do pensamento serial. Os sons eram primeiramente compostos e depois arranjados no tempo para se constituir a forma, assim a composição do som estava diretamente ligada à composição da forma. Tal como observado por Eimert, em *Jeux* de Debussy, na música eletrônica serial o princípio da forma era baseado na variação dos pequenos elementos, ou seja, os sons individualmente compostos que eram variados em termos de alterações de seus parâmetros de altura, intensidade e duração (entre outros), além de serem justapostos e sobrepostos. A grande forma, por sua vez, era organizada em arco, a partir de contrastes em alguns destes parâmetros, tais como lento-rápido-lento, contínuo-descontínuo-contínuo, etc.

Stockhausen, em suas obras eletrônicas *Studie I* (1953) e *Studie II* (1954), trabalhou a serialização do timbre a partir de sons senoidais de maneira similar ao procedimento de Ligeti. No entanto este procedimento foi realizado de uma maneira mais descontínua, através de diferentes modos de ataque e de diferentes durações dos timbres produzidos. A partir de *Gesang der Jünglinge* (1955 - 56), observamos a tendência de uma abertura metodológica em relação à técnica do serialismo integral, assim como em relação à utilização única do som senoidal como material. A metodologia aponta para uma nova direção, inovando na maneira de pensar o tempo em suas obras. Esta nova ideia mantém a presença de similaridades entre os diferentes níveis temporais de uma obra, ainda que a sonoridade pontilhista e descontínua de seus primeiros estudos eletrônicos dê lugar a uma abordagem de continuidade entre os diferentes níveis composicionais.

Em seu artigo de 1955 intitulado "... Wie die Zeit vergeht..." (... How Time Passes by..., 1959, versão em inglês) Stockhausen apresenta a ideia de uma nova morfologia do tempo musical, a partir da qual ele procura estabelecer uma escala contínua de oscilações periódicas, compreendendo frequências (alturas) e tempo (ritmo e forma). Nesta escala, as oscilações entre 16 e 16.000Hz são percebidas como alturas musicais, enquanto que as oscilações entre 6 segundos e 16Hz (1/16s) são percebidas como ritmo. As oscilações acima de 6 segundos fariam parte do domínio da percepção da forma. Dentro desta nova morfologia, todos os valores estão ligados proporcionalmente, indicando a existência de similaridades, ou seja, é possível o estabelecimento de relações entre os diferentes níveis temporais que contemplam alturas, ritmo e forma. Dentro desta nova morfologia do tempo musical, ficou estabelecida uma escala de durações similar à escala cromática de temperamento igual das alturas musicais, que utiliza relações logarítmicas baseadas no intervalo de oitava justa, cuja proporção é de 2/1.

Esta proporção de 2/1 encontrada no âmbito das frequências, transposto para o âmbito das alturas musicais, significa um intervalo de oitava. Por exemplo, um Lá 3 possui uma frequência de 220Hz e um Lá 4, de 440Hz. Para Stockhausen esta mesma proporção encontrada num intervalo de oitava pode ser utilizada no contexto das pulsações rítmicas, por exemplo, entre semínima igual a 60 (1 segundo) e semínima igual a 120 (0,5 segundo). Da mesma forma que em relação às frequências, os outros onze valores cromáticos do temperamento igual são obtidos pela multiplicação da frequência ou do andamento rítmico pelo valor 1,0594

($\sqrt[12]{2}$). Por exemplo: 440Hz (Lá 4) * 1,0594 = 466Hz (Si \flat 4). Analogamente semínima igual a 60 * 1,0594 = 63,56. O total cromático entre dois andamentos possuidores de uma relação de oitava, tais como os andamentos de 60 e 120 abrangeria os andamentos de 63,56; 67,4; 71,4; 75,6; 80,1; 84,9; 89,9; 95,2; 100,9; 106,9 e 113,3.

A partir desta concepção, torna-se prática a superposição de diferentes andamentos (valores métricos), além do estabelecimento de relações proporcionais entre eles. Stockhausen utilizou este procedimento na composição de obras deste período tais como *Gruppen* (1955 - 57), para três orquestras, e *Carré*, para quatro orquestras e quatro coros (1959 - 60). Através da utilização de uma escala temperada para o ritmo, é possível modular e sincronizar diferentes pulsações métricas e atribuí-las a diferentes grupos instrumentais e vocais, tal como mostramos na figura seguinte. Uma semínima, num andamento de 120, equivale a uma colcheia no andamento de 60, da mesma forma que esta pulsação equivale a uma tercina de semínimas, num andamento de 80. Se utilizarmos outras quiálteras, podemos chegar a novos andamentos com ritmos equivalentes, como por exemplo utilizando uma septina de semínimas num andamento de 68,5 ou uma quintina de semínimas num andamento 96. Se passarmos ao nível das colcheias, obtemos ainda outros andamentos equivalentes, se utilizarmos nove colcheias num tempo de oito (9:8), no andamento 106,7 ou se utilizarmos treze concheias dentro de um tempo de oito (13:8), no andamento 74.

As modulações métricas são realizadas de maneira similar, como podemos observar nos procedimentos empregados pelos compositores Elliott Carter e José Manuel López López. Se, num andamento de 60, escreve-se uma quintina de semínimas, passamos à pulsação de 75, da mesma forma que se utilizarmos uma tercina das mesmas semínimas, passamos à pulsação de 90. Ainda no mesmo andamento de 60, ao utilizarmos uma passagem com nove colcheias no lugar de 8 (9:8), estabelece-se um andamento de 67,5. Na Fig. 35 apresentamos graficamente como se dá a superposição das diferentes pulsações mencionadas.

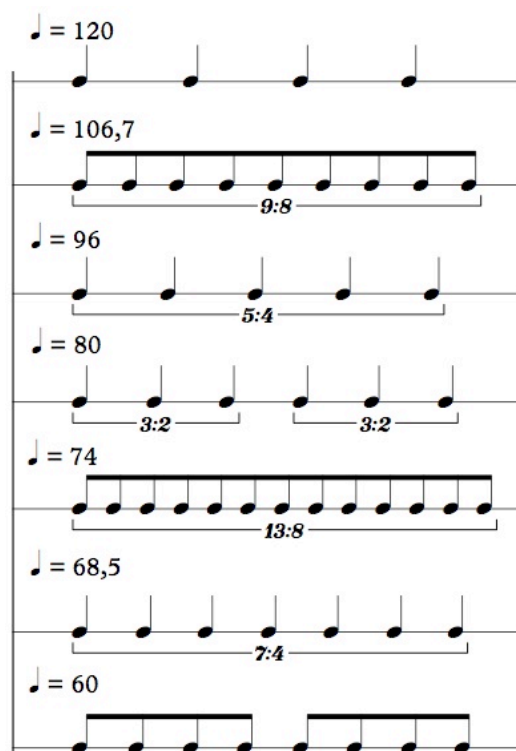


Fig. 35: Superposição e equivalência de diferentes pulsações rítmicas

Em Gérard Grisey, encontramos um pensamento sobre o tempo musical influenciado pelas ideias de Stockhausen, em relação à utilização de escalas de tempo contínuas em seu processo composicional. Em seu artigo “Tempus Ex-Machina: réflexions d’un compositeur sur le temps musical” (1980, In: GRISEY, 2008, pp. 57 - 88), Grisey afirma que, em suas obras, o mais importante não é o tempo estrutural, mas o tempo perceptível. Ademais, em suas obras, a distribuição dos eventos no tempo era feita a partir de curvas logarítmicas, ou ainda através da superposição de diferentes curvas. Podemos também encontrar nas obras tardias do compositor, a partir do fim dos anos 1980, a ideia de confrontar um mesmo objeto percebido em diferentes escalas de tempo, por meio da utilização dos mesmos procedimentos em diferentes níveis temporais, procedimentos estes que podem aparecer sobrepostos ou justapostos.

Segundo Baillet (2000, pp. 185 - 197), em sua obra *Le temps et l’écume* (1988 - 89) para quatro percussionistas, dois sintetizadores e orquestra de câmara, Grisey realiza a justaposição de diferentes escalas temporais que estão ligadas a dois tipos de objetos: um ruído formado por um ritmo periódico (representando a descontinuidade) e um espectro que apresenta um tempo liso em seu interior (representativo da continuidade). Os dois objetos são apresentados na obra em

diferentes momentos e são configurados e modulados a partir de diferentes escalas temporais correspondentes ao tempo dos homens (mesoescala), ao tempo dos pássaros (uma escala mais acelerada) e ao tempo das baleias, esta última uma escala mais lenta, contendo durações mais longas, correspondentes ao estiramento temporal dos objetos.

Observando-se o sonograma da obra (Fig. 36), até por volta de 500 segundos, temos a utilização por parte de Grisey do tempo dos homens, um tempo em que os objetos são apresentados em durações médias. O tempo dos homens é subdividido em relação à utilização dos dois tipos de material descritos. A utilização do primeiro material, o ruído, ocorre do início da peça até por volta de 240 segundos, quando o espectro de tempo liso começa a ser apresentado e desenvolvido em sua totalidade. O tempo dos pássaros surge após o término da utilização do tempo dos homens e se situa entre o primeiro e o tempo das baleias. Sua duração é bastante curta (por volta de 60s) e seu ritmo acelerado, contendo escalas de alturas executadas de forma bastante veloz, principalmente pelos sopros e pelas madeiras. No tempo das baleias, as durações e apresentações dos objetos são alargadas temporalmente, sendo esta categoria também dividida entre a apresentação do ruído (entre 550 e 800s) e a apresentação do espectro, esta última bastante estirada (de 750s até o fim da peça). É importante ressaltar que as segmentações temporais e formais são todas interpoladas de maneira gradual. Todas as transições são feitas através da introdução de novos elementos correspondentes à parte seguinte, na medida em que os materiais da parte que chega ao fim desaparecem pouco a pouco.



Fig. 36: Sonograma de *Le temps et l'écume* de Gérard Grisey

Assim, em relação à existência de similaridades entre diferentes escalas temporais de uma obra, podemos concluir que o pensamento do tempo musical em Grisey e em Stockhausen apresenta pontos em comum, ainda que seus procedimentos composicionais sejam bastante distintos. Entre estes pontos de intersecção, observa-se que os dois compositores imaginaram a música e o tempo como um grande contínuo morfológico, no qual procuraram estabelecer similaridades entre os diferentes níveis temporais, além de utilizar os mesmos procedimentos em diferentes níveis, através de relações de proporcionalidade. Temos aqui uma concepção de uma morfologia contínua, que não considera eventuais pontos de descontinuidade que possam aparecer entre os valores das escalas estabelecidas.

Este isomorfismo entre as diferentes escalas temporais se reflete nas morfologias contínuas apresentadas por Thom em que as diferentes escalas temporais são articuladas por continuidade. Ademais, a gênese da forma sonora perceptiva através de processos compositivos encontra sustentação no método alagmático proposto por Simondon, em que focamos nossa atenção nos processos ou operações que geram novas formas, e não nessas estruturas por si só.

2.5 Forma momento e graus de mudança

Em seu artigo “Momentform” (1960), Stockhausen aborda a concepção da forma momento, um tipo de justaposição temporal de unidades de forma, procedimento utilizado na composição de suas obras do final dos anos 1950 e início dos anos 1960, tais como *Kontakte* (1959 - 60). Pode-se afirmar que a ideia de forma momento foi influenciada pelo contato de Stockhausen com as ideias dos compositores John Cage e La Monte Young, os quais pensavam a forma das suas obras de uma maneira mais aberta, o primeiro utilizando conceitos de indeterminação e o segundo apresentando a ideia de tensão do tempo presente, derivada de seu contato com a música clássica indiana⁶⁸.

O *momento*, segundo Stockhausen, é toda unidade de forma que possui um pensamento autônomo, além de uma característica pessoal e estritamente atribuível. É um conceito determinado de maneira qualitativa, podendo ele ser

⁶⁸ Cf. YOUNG, 1999.

articulado ou desenvolvido através da modificação de uma ou mais de suas propriedades características. É também possível a construção de grupos de momentos, os quais contemplam diferentes momentos sucessivos que possuem semelhanças em relação às suas propriedades (STOCKHAUSEN, 1963 [1989], pp. 110 - 11). O agrupamento dos momentos, como Stockhausen afirma, se faz a partir de uma ou mais propriedades que estes possuam em comum. Desta feita, o processo completo de individuação destes submomentos não pode ser colocado em questão, pois sonoramente os subgrupos podem apresentar muitas diferenças.

Do ponto de vista formal, o momento pode ser uma estrutura (*Struktur*), coletiva, ou uma forma (*Gestalt*), individual; do ponto de vista temporal cada momento possui um estado, estático, ou um processo, dinâmico. Ademais, pode-se fazer combinações entre as duas possibilidades formais (estrutura e forma) e as duas possibilidades temporais (estático e dinâmico). A seguir, apresentamos uma tabela contendo todos os momentos de *Kontakte*, suas divisões e suas durações, além dos exemplos enumerados por Stockhausen (1963), em relação às classificações da forma momentos dos pontos de vista formal e temporal.

Momento	I 0'	II 2'	III 3'15''	IV 7'08''	V 7'56''	VI 10'24''	VII 10'53''	VIII 12'56''
Subdivisão	A - F			A - F	A - F		A - F	A - F
Duração	120''	75''	233''	48''	148''	29''	123''	95''
Momento	IX 14'31''	X 17'	XI 21'25''	XII 23'49''	XIII 25'10''	XIV 31'	XV 31'29''	XVI 32'13''
Subdivisão	A - F		A - F	A - B	A - F		A - F	
Duração	149''	265''	144''	81''	350''	29''	44''	138''

Tab 1: Momentos, grupos de momentos e suas durações em *Kontakte*

Forma como um estado	Momento IVD (7'23,6'', cerca de 3'')
Forma como um processo	Momento XIIC (27'58,6'', cerca de 4'')
Estrutura como um estado	Momento IXD (16'08,2'' – 16'33,6'')
Estrutura como um processo	Momento XIIC (27'02,8'' – 27'45,5'')
Mistura de estrutura e forma como um estado	Momento IXC (16'01,2'' – 16'08,2'')
Mistura de forma e estrutura como um processo	Momento IXB (15'56,7'' – 16'01,2'')
Transformação de uma forma em uma estrutura	Momento XIA-XIE (21'45,5'' – 23'03,9'')

Tab 2: Exemplos de estrutura, forma, estado e processo em *Kontakte* (STOCKHAUSEN, 1963, p. 112 - 115)

A forma momento representa, considerando os muitos momentos e suas subdivisões presentes em obras como *Kontakte*, um corte vertical na estrutura temporal da obra como um todo, assim como em sua forma. Os diferentes momentos não possuem relações causais entre si, tal como acontecia entre as

diferentes partes formais de obras fundamentadas no sistema tonal que apresentavam uma forma preestabelecida. A quebra de causalidade resulta no fato de que a ordenação dos momentos poderia ser invertida sem que o entendimento da obra fosse prejudicado. A forma momento amplifica a ideia de escuta do momento presente, do som em si, sem que nossa memória de curta duração seja necessária para o entendimento da obra como um todo, memória esta que poderia operar no sentido de relacionar temas, motivos, sons ou texturas que em algum momento surgiriam na escuta da peça.

Esta memória, no entanto, pode ser importante durante o processo individual de escuta, um processo individuado no qual cada ouvinte vai relacionar, se sensibilizar e ressignificar determinadas saliências e pregnâncias encontradas na obra, a partir de suas qualidades sonoras intrínsecas e sem que haja a necessidade da definição de um modelo de sintaxe musical. Em relação à forma geral de *Kontakte*, esta pode ser pensada como uma topologia que possui muitos subconjuntos (os momentos e suas subdivisões) que são agrupados por um conjunto de forças que mantêm sua unidade morfológica. Essa unidade possui uma configuração espacial pois os momentos estão agrupados em uma unidade morfológica, mas possui também uma configuração temporal, pois a escuta é um fenômeno irreversível, dependente da flecha do tempo, já que a conexão de suas partes se dá apenas em uma direção, impossível de ser alterada.

A modificação da morfologia do som no tempo, dentro dos momentos ou dos seus subgrupos, ocorre a partir da ideia de grau de mudança (*Veränderungsgrad*), baseado na Teoria de Forma. Este conceito foi cunhado nos anos 1950 e tornou-se um procedimento largamente adotado dentro do modelo serial de composição da música eletrônica. O grau de mudança seria a transformação gradual e contínua dos parâmetros do som no tempo, afirmando a realidade dinâmica do timbre, operada a partir das modificações graduais do som, ou mesmo uma articulação de suas características internas. Nessa articulação, o compositor deve fazer predominar uma característica do som durante um certo tempo, em detrimento das outras.

No artigo “Música no espaço” (*Musik im Raum*, 1958, In: STOCKHAUSEN, 1989), é apresentada a definição do grau de mudança, conjuntamente aos parâmetros do som que podem ser modificados ou desenvolvidos temporalmente: altura (frequência), duração (ritmo, métrica), timbre,

intensidade (dinâmica) e espaço (localização do som). Uma espécie de coerência formal pode ser implementada através da atribuição de valores e proporções que podem ser utilizadas de maneira similar na manipulação dos diferentes parâmetros, com o objetivo de controlar o desenvolvimento temporal do som.

Koenig, em seus artigos “The construction of sound” (1963) e “Complex sounds” (1965), também define esse conceito, exemplificando sua utilização dentro do método serial de composição. Os graus de mudança controlam de maneira qualitativa as relações complexas existentes entre diferentes estruturas, ou seja, as características comuns que são compartilhadas entre elas. O menor grau de mudança designa que uma estrutura difere de uma outra em apenas uma variável; por outro lado, o maior grau de mudança pode ser descrito pela alteração de todos os parâmetros no máximo de sua extensão possível, tal como uma mudança de um extremo para o outro (KOENIG, 1965). Os graus de mudança variam de acordo com o número de variáveis do som que serão alteradas em cada patamar do processo. No grau de mudança 1, apenas uma variável é alterada, com as outras permanecendo constantes; no grau de mudança 2, duas variáveis são alteradas em um grau ou uma variável é alterada pela proporção de dois graus; no grau de mudança 3, três variáveis são alteradas em um grau, uma variável em um grau e outra em dois graus, ou ainda uma variável em três graus (KOENIG, 1963).

Para Grisey, numa espécie de continuação e modificação das definições teóricas de Stockhausen e Koenig, objeto e processo são análogos. Ele afirma que o objeto é um processo contraído, ao mesmo tempo que o processo é um objeto dilatado (GRISEY, 1980, In: GRISEY, 2008, p. 84). Portanto, se quisermos destacar, numa passagem musical, a arquitetura espectral de um determinado objeto sonoro, podemos fazê-lo através da síntese instrumental dos parciais deste objeto, através de sua orquestração e de sua distensão temporal, tal como se fosse dado um *zoom* em sua constituição interna. Assim, um objeto sonoro pode ser reinterpretado musicalmente através de escolhas de orquestração, técnicas instrumentais, duração dos eventos e intensidades empregadas.

No entanto, para o compositor, o processo (*processus*) é sempre um procedimento dinâmico que orienta o discurso musical a partir de transformações ininterruptas e unidirecionais. Neste sentido, Grisey importa e adapta a ideia de grau de mudança oriunda dos compositores seriais e a adapta à sua poética musical, de acordo com a sua maneira de trabalhar as mudanças graduais do timbre. Para

Grisey, os graus de mudança (*degrés de changement*) são as mudanças nos componentes espectrais, as mudanças do timbre e dos transientes presentes no corpo do som. Esses parâmetros constituem o grau de mudança entre um estado de evolução espectral e o seguinte, proporcionando uma interpolação linear entre diferentes timbres. Nesse contexto, o som é pensado como um fenômeno transitório no qual os movimentos interiores de seu espectro são valorizados (GRISEY, 1980, 1991, In: GRISEY, 2008).

Em *Périodes* (1974), para sete instrumentos, a sucessão dos processos é comparável à respiração humana, considerada pelo próprio compositor como uma obra que possui uma forma biomórfica, que apresenta períodos de expiração, inspiração e repouso. Os processos imaginados por Grisey se produzem entre os períodos de inspiração e respiração, de maneira que os pontos culminantes de tensão, inarmonicidade e aperiodicidade coincidem com o fim da inspiração e o início da expiração. Os períodos de repouso, por sua vez, são os momentos de harmonicidade e periodicidade. O mecanismo desenvolvido pelo compositor para a construção dos mecanismos de sucessão dos processos previnem uma simples justaposição dos graus de mudança, permitindo também a configuração de um envelope dinâmico e de tensão entre as interpolações. A seguir, na Fig. 37, mostramos um esquema gráfico da forma de *Périodes*, presente na partitura da obra.

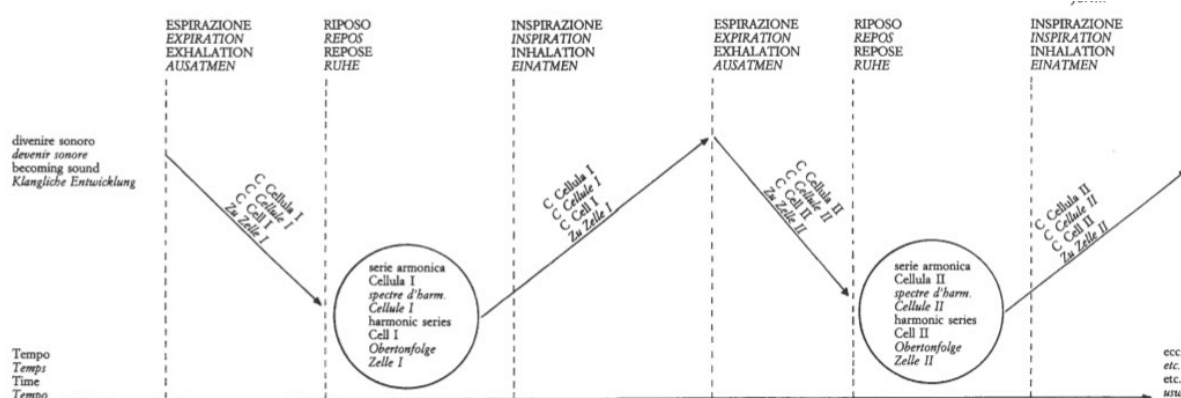


Fig. 37: Ritmo biomórfico de *Périodes* (GRISEY, 1974, p. 4)

Na Fig. 37, apresentamos o sonograma de *Périodes* dividido formalmente por linhas verticais que indicam a justaposição de 10 processos de modificação temporal de timbres. A numeração fornecida corresponde à cifra (*chiffre*) informada por Grisey na partitura da obra, informação esta que delimita o início de um

processo ou algum ponto de início de determinado grau de mudança. No início da obra, temos a formação de um acorde pelos instrumentos de cordas (contrabaixo, viola e violino), instrumentos que realizam alterações sutis no timbre através de mudanças de modos de ataque (*sul tasto* e *ordinario*), além de alterações microtonais nas notas entoadas. Percebe-se, no início do sonograma, a sobreposição estável de parciais pertencentes ao regime de sustentação deste som. A partir da metade desta parte, novos parciais são adicionados com a entrada das madeiras (flauta em Sol e clarinete em Lá), além do violoncelo. Este processo pode ser encarado formalmente, em relação às outras partes, como um momento de repouso.

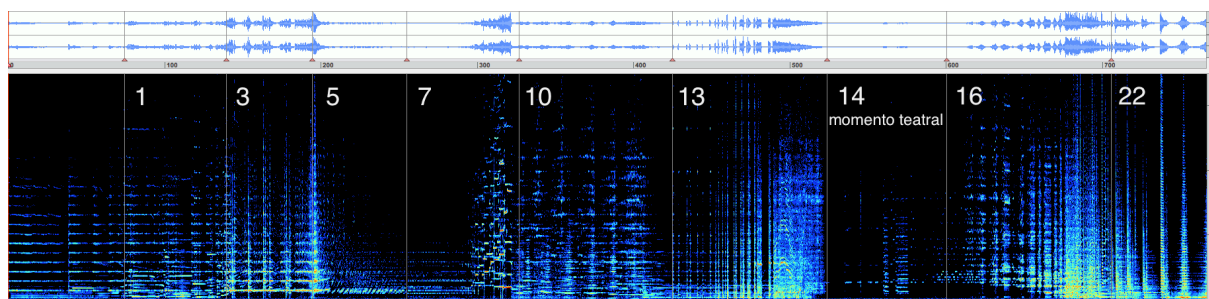


Fig. 38: Sonograma segmentado nos processos de *Périodes*

No processo iniciado na cifra 1, temos uma densificação ainda maior deste timbre principalmente pela movimentação dinâmica produzida pelas técnicas instrumentais utilizadas, assim como também pela elevação gradual do volume sonoro geral, reforçado pela entrada do trombone. Na cifra 3, temos o início de novo processo, marcado principalmente pela rítmica regular do Ré 3 executado pelo trombone, uma sonoridade que simula o ritmo dos batimentos cardíacos, sonoridade que é sobreposta aos *glissandi* das cordas, clarinete e flauta, além de alguns outros efeitos executados por estes dois últimos instrumentos. A textura tem sua intensidade aumentada gradualmente, culminando num Ré em *fff* tocado pelo trombone, em *frullato*, que também executa um *glissando* sutil que alcança a nota Mi, um tom acima. No novo processo que se inicia na cifra 5, temos figurações ascendentes executadas por seis instrumentos (à exceção do trombone), as quais apresentam decalagens métricas para cada camada instrumental, gerando uma polirritmia, a qual é percebida auditivamente como uma massa sonora dinâmica, devido, no geral, ao caráter *legato* da escrita instrumental. A dinâmica geral desse

processo é decrescente, partindo de um *fff* e terminando com a proposição de dinâmicas entre *ppp* e *pppp*.

O processo que se inicia na cifra 7, por sua vez, apresenta uma dinâmica crescente, partindo desde um quase silêncio e se dirigindo a um *fff*. Temos novamente a simulação de batimentos cardíacos, dessa vez pelo contrabaixo que apresenta um *ostinato* sobre um harmônico natural da nota Ré 3. A figuração passa a ser reforçada ritmicamente pelo clarinete e pela flauta, que respondem ao contrabaixo. Gradualmente, os dois instrumentos ganham destaque através de fraseados em direção ao agudo, acompanhados por ataques em *arco gettato* pelas cordas. Na cifra 10 se inicia um novo processo, que entendemos como uma nova situação de repouso em que a dinâmica geral se mantém estável. No entanto, esta textura estável é atingida por uma complexidade considerável da escrita instrumental, que valoriza efeitos que constroem um timbre resultante complexo diferente daquele inicial (início da peça e cifra 1), numa ênfase aos transientes de ataque dos instrumentos gerados pelas técnicas estendidas executadas.

Na cifra 13 (Fig. 39) temos mais um novo processo, marcado por uma rítmica bastante intensa e uma métrica irregular, sobreposta a notas longas e estáveis pertencentes ao espectro da nota Mi 1. A escrita se adensa até culminar num som com uma configuração totalmente ruidosa e contínua, próxima a um ruído branco, obtido através de meios instrumentais. Este som é composto pela execução de cordas em *écrasé*, um som “o máximo estridente” (tal como Grisey menciona da partitura) para o clarinete, um som “o máximo complexo” (idem) para a flauta, além de um som de sopro com respiração dentro do bocal do trombone, todos se iniciando em *f* e decrescendo gradualmente sua intensidade. O próximo processo, dentro da cifra 14, é o conhecido momento teatral escrito por Grisey, no qual o violinista e o violista interagem buscando a afinação de seus instrumentos.

No processo presente a partir da cifra 16, temos algo semelhante à escrita encontrada na cifra 5. Arpejos, agora ascendentes e descendentes, são executados pelos instrumentos em decalagem métrica, numa tendência gradual ao crescimento da quantidade de vozes e, portanto, da intensidade da sonoridade geral. Nesse ponto, os arpejos, são intercalados por notas mais longas em *fermata*, formando tipos de campos sonoros estáticos, executadas em trilo ou *frullato*. A entrada do trombone, última voz pela sequência, gera um peso bastante maior à sonoridade geral, implicando numa escuta carregada de dramaticidade. É

justamente o trombone que vai conduzir a interpolação ao último processo da obra. Este instrumento executará por diversas vezes a nota Mi 1, de maneira periódica, a qual será sucedida pelos outros instrumentos que apresentarão diversos parciais referentes a esta altura. Esse processo delimita o fim de *Périodes*, mas também anuncia o início de *Partiels*, obra do compositor de 1975, a qual se inicia justamente pela enunciação deste mesmo Mi pelo contrabaixo. Seu processo inicial também se baseia na distribuição orquestral dos parciais deste Mi entre os outros instrumentos.

Nesta descrição de *Périodes*, procuramos abordar a maneira conforme a qual Grisey justapõe e promove a interpolação entre os diferentes processos compostos. Os processos são sempre dinâmicos, sendo controlados a partir da determinação de diversas etapas, os graus de mudanças. Os processos também apresentam uma configuração tímbrica diversa, sendo que os diferentes timbres são criados a partir da utilização de diferentes técnicas instrumentais que irão “colorir” e “esculpir” o timbre resultante. Para se ilustrar o que se descreveu, na Fig. 39 apresentamos o trecho da partitura de *Périodes* referente ao processo de transformação sonora implementado na cifra 13.

Fig. 39: Cifra 13 da partitura de *Périodes* (GRISEY, 1974, pp. 29 - 30)

2.6 Fusão e fissão de timbres

Neste item analisaremos o problema da fusão e da fissão (segregação) de timbres do ponto de vista da percepção, tendo em vista tanto abordagens

psicoacústicas como abordagens de compositores fundamentadas numa análise de sua prática composicional. Em relação ao primeiro ponto, abordaremos a noção de fusão de timbres por *jitter*, as aperiodicidades do regime de sustentação dos sons instrumentais, além da diferenciação entre as noções de timbre e textura. Considerando a prática composicional, discutiremos os aportes que os compositores Gérard Grisey e György Ligeti propuseram sobre a fusão de timbres, tais como os conceitos de *permeabilidade* e *timbre de movimento* (*Bewegungsfarbe*) cunhados por Ligeti. Neste contexto, apresentaremos exemplos de suas obras *Artikulation* (1958) e *Melodien* (1971). Também discutiremos o conceito de *grau de previsibilidade* ou *grau de pré-audibilidade* proposto por Grisey, além de analisarmos exemplos de sua obra *Modulations* (1976 - 77). Por fim, apresentamos um estudo sobre a fusão e segregação de timbres instrumentais realizado durante a composição de nossa obra *Le Vide: trois réflexions sur le temps* (2015).

2.6.1 *Jitter*

De acordo com Stephen McAdams (1984), além de Shlomo Dubnov, Naftali Tishby e Dalia Cohen (1997) o fenômeno do *jitter*, as flutuações aperiódicas do regime de sustentação dos sons, é uma das importantes causas para a fusão de diferentes timbres em uma única estrutura perceptível. Segundo McAdams (1984, p. 223), a hipótese da fusão de timbres por *jitter* ocorre a partir de uma modulação de frequência que mantém uma coerência (através de proporções constantes) ao longo dos componentes espectrais de um som, agrupando estes componentes numa única imagem perceptiva. Diferentes formas de onda de *jitter* podem ser extraídas de fontes sonoras musicais, sejam elas instrumentos ou vozes. Segundo Dubnov, Tishby e Cohen (1997, p. 278 - 79), essas flutuações dos sons instrumentais ocorrem em escalas temporais entre 100 e 200 milissegundos e seu controle é impossível por parte dos instrumentistas. Elas são originadas no próprio mecanismo de produção dos sons, principalmente nas cordas e nos sopros (madeiras ou metais). Na Fig. 40 apresentamos alguns exemplos de formas de onda do *jitter* extraídas por McAdams de gravações da flauta, do clarinete e do trombone tocando a altura Mi₄ (311Hz) na dinâmica *mf*.

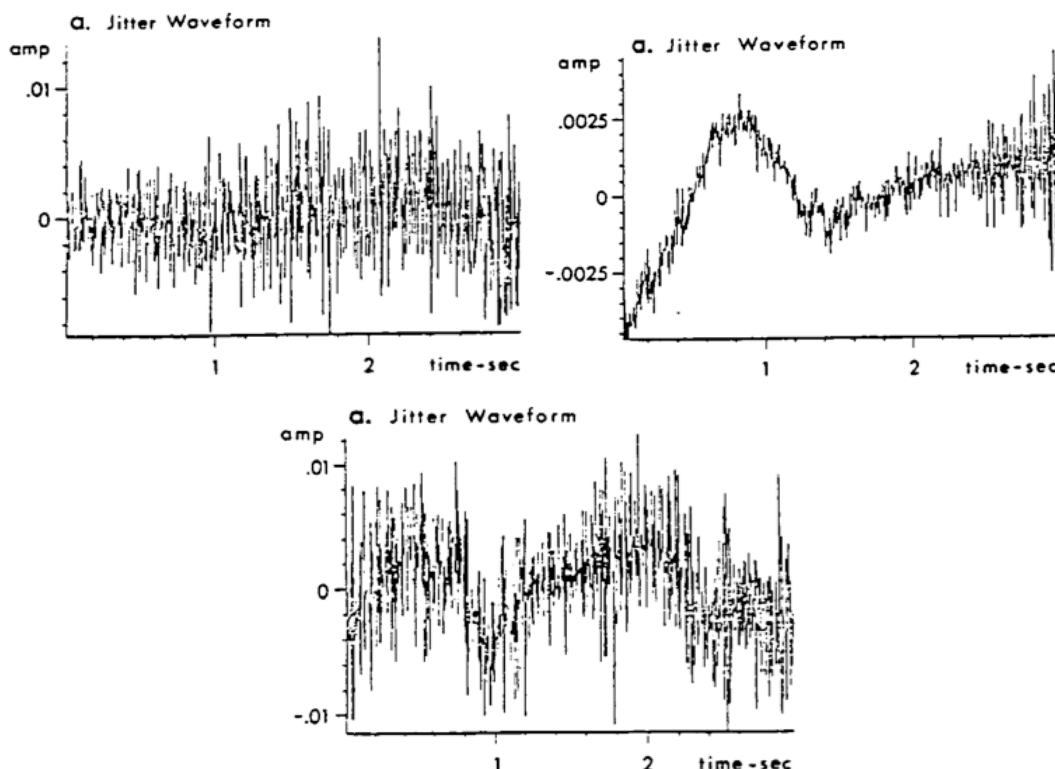


Fig. 40: Formas de onda de *jitter* extraídas da flauta, clarinete e trombone (MCADAMS, 1984, pp. 227 - 229)

A onda do *jitter*, de caráter aperiódico podendo ser extraída dos instrumentos ou criada sinteticamente, funcionaria como um mecanismo agregador de diferentes sons, através de uma modulação aleatória que opera simultaneamente por amplitude e frequência. Meyer-Eppler (1954, In: MENEZES, 2009, p. 74 - 75) já apontava para a existência desse fenômeno como fator de fusão de diferentes parciais senoidais num único timbre, no contexto da música eletrônica. Segundo ele, a modulação de um som por oscilações aleatórias produziria novos sons com propriedades estéticas interessantes. As oscilações aleatórias poderiam ser produzidas, por exemplo, através da utilização de um sinal ruidoso aleatório (em relação à frequência e amplitude) formado por uma banda de frequências entre 10 e 100Hz. Essa oscilação aleatória funcionaria como uma onda modulante que interagiria com ondas portadoras de diferentes características, promovendo nestas ondas modulações de amplitude e de frequência.

O timbre de um som, dentro de uma abordagem sistêmica (Cf. Introdução desta tese), possui uma complexidade do ponto de vista acústico dependente das inter-relações estabelecidas entre seus parâmetros. No entanto esse mesmo timbre é percebido pelo ouvinte como um evento único e inseparável. De acordo com

Dubnov, Tishby e Cohen (1997, p. 301 - 302), se aumentarmos a incidência do *jitter* em modelos sintéticos podemos produzir diferentes sons que se situariam numa escala imaginária que teria como extremos um som com uma altura bem definida e o ruído branco. Outra possibilidade seria uma abordagem que nos permite trabalhar próximos à fronteira entre as categorias perceptíveis de timbre e textura. Os três autores propõem uma diferenciação entre estas duas categorias afirmando que a principal diferença entre elas se baseia no fato de que a textura é separável auditivamente em camadas distintas, além de normalmente ser identificada com escalas temporais maiores. Em casos extremos nos quais não se pode mais separar ocorrências simultâneas em seus componentes, a textura se torna um timbre. O timbre, portanto, é sempre percebido como uma única estrutura, inseparável, que pode ter suas características internas transformadas no tempo. O caso oposto também é válido: quando percebemos um tipo de segregação perceptiva em relação ao timbre, ele torna-se textura. No entanto, existe de fato uma área fronteira entre textura e timbre em que não se pode delimitar com exatidão dentro de qual categoria nos situamos.

O que desejamos ressaltar a respeito a fusão de timbres por *jitter* é que não é uma tarefa simples compor sobre o papel uma passagem instrumental na qual a fusão de timbres ocorra acusticamente. As ferramentas tecnológicas nos auxiliam bastante nesta tarefa pois nos permitem entender e visualizar como se dá este processo, além de nos fornecer dados e informações sobre esse procedimento. Nosso ouvido tende a segregar determinados intervalos musicais ou sons com diferentes características. A onda de *jitter*, devido à sua aleatoriedade, promove modulações simultâneas nesses sons, moldando-os e amalgamando-os numa única forma, que é percebida como um único timbre. O *jitter* funciona como a energia que mantém a coesão dos diferentes materiais dentro de uma única estrutura. Por outro lado, apesar desta complexidade em termos de criação e composição sonora, a percepção de diferentes estruturas como um único evento pode ser entendida equivocadamente (no nosso entendimento) como uma simplificação. Preferimos a constatação de que se atingimos uma escuta que funde diferentes estruturas complexas em um único timbre, a tarefa da composição de diferentes sons que se amalgamam obteve sucesso. A seguir apresentamos as contribuições de György Ligeti e Gérard Grisey sobre a análise de seus processos de composição do timbre.

2.6.2 Permeabilidade e timbre de movimento

No artigo “La forme dans la musique nouvelle” (1966, In: LIGETI, 2010, pp. 139 - 152) Ligeti define a noção de processo, como os atributos geradores da forma musical, em relação à cada fase ou instante do processo criativo, noção empregada através do estabelecimento de um sistema de relações que podem gerar a aparência de movimento (dinâmica) ou imobilidade (estaticidade). Para o compositor, a noção de forma é um tipo de esquema espacial que a música adquire ao ser ouvida, decorrente do fluxo temporal de sua execução. Nesse processo, nossa imaginação cria um espaço virtual no qual todos os instantes musicais (fragmentos, motivos, frases, figuras, etc.) atuam como objetos, configurando-se como uma arquitetura espacial. Durante a escuta, associações, abstrações, lembranças e expectativas interagem como uma rede de relações, as quais são necessárias para a concepção da forma musical (LIGETI, 1966, In: LIGETI, 2010, p. 139 - 141).

Ligeti, para embasar a sua noção de forma, cita o filósofo Theodor Adorno, o qual afirma que não há verdadeiramente material, considerando a historicidade da forma musical. Para Ligeti, a música se difere, por exemplo, da escultura, onde a pedra ou a madeira podem ser considerados materiais. No caso da música as notas, por exemplo, não podem ser consideradas como tal. Para Adorno, as notas e os sons já são forma e não material, sendo que o processo formal se constitui através das relações que são estabelecidas durante a composição (LIGETI, 1966, In: *Op. Cit.*, p. 143). Nossa visão de certa maneira difere da visão de Adorno, pois acreditamos que os sons, apesar de impalpáveis, são materiais passíveis de serem organizados composicionalmente através das operações que a eles são aplicadas. São justamente essas operações que farão emergir a forma, a qual depende da determinação de um fluxo temporal direcional que atua sobre uma topologia espacial. Neste sentido, existem diferentes sistemas possíveis de coesão formal, ou seja, as formas tornam-se individuais e são obtidas a partir de soluções particulares.

Há também uma menção da parte de Ligeti sobre os móveis produzidos pelo escultor Alexander Calder (1898 - 1976), os quais levam em conta a influência do tempo na dimensão espacial das obras. Nesse sentido, o móvel não teria apenas uma configuração espacial, mas também abrangeria as transformações dessa configuração no tempo. Para Ligeti, na música acontece o inverso: nela a forma é

produto da espacialização imaginária do processo temporal de sua execução. Ao contrário, os móveis são produto da temporalização dos objetos espaciais. Assim, a forma na música é essencialmente móvel e se constrói na medida em que ela é executada. Somente desta forma ela se realiza (LIGETI, 1966, In: LIGETI, *Op. Cit.*, pp. 152 - 53).

Um conceito importante proposto por Ligeti ao qual damos destaque é a noção de permeabilidade, definida em seu artigo “Évolution de la forme musicale” (1958, In: LIGETI, 2010, pp. 119 - 137). A permeabilidade significa que, num processo de criação musical, estruturas de natureza diferente podem se desenvolver de maneira simultânea, se impregnando ou mesmo se fundindo. Como exemplos de permeabilidade, o compositor cita a música de Palestrina como possuindo o grau de permeabilidade mais baixo, já que os intervalos de sua polifonia são claramente distinguíveis. Por outro lado, a música tonal do classicismo e do romantismo é bastante impermeável, já que esta apresenta uma escrita consideravelmente densa. Uma maneira de pensar a forma a partir deste conceito é inferida do estudo da interpenetração de diferentes estruturas formando camadas heterogêneas. O nível de mistura destas camadas é medido pelo nível de permeabilidade delas (LIGETI, 1958, In: LIGETI, 2010, pp. 123 - 124).

Uma analogia tátil e visual proposta por Ligeti sobre a permeabilidade se dá a partir da mistura de massas de modelar de diferentes cores. Na medida que misturamos duas, três ou mais cores podemos observar a fusão entre elas. Porém, quando um limite de quantidade de cores é ultrapassado, as cores diferentes desaparecem ao passo que uma coloração cinza surge. Passado esse limite, o processo é irreversível pois não podemos obter novamente o nível de coloração ou mistura anterior. O que Ligeti infere, a partir desta experiência, é que quanto maior a quantidade de operações efetuadas com um material organizado de antemão, mais o grau de nivelamento do resultado será alto. Neste sentido, é possível fazer a distinção de diferentes estados de agregação relacionados aos diferentes materiais, sendo que estes diferentes estados articulam a forma que evolui na medida em que importantes diferenças tímbricas e de densidade são adicionadas aos diversos tipos de tecido sonoro (*Op. Cit.*, pp. 126 - 131).

Nesse contexto, Ligeti menciona sua obra eletrônica *Artikulation* (1958), na qual sua preocupação durante a composição foi de fazer interagir diferentes estados de agregação. Esse processo foi realizado a partir de modelos sonoros que

possuíam diversas características texturais e de organização interna, definidas pelo próprio compositor como materiais granulares, quebradiços, fibrosos, pegajosos ou compactos. Um estudo da permeabilidade desses materiais entre si foi realizado, o que permitiu o conhecimento de quais materiais poderiam se fundir ou se repelir, provocando uma fissão na escuta (*Op. Cit.*, p. 132). A seguir, na Fig. 41, apresentamos um trecho da partitura gráfica de *Artikulation* (1970), realizada pelo artista plástico Rainer Vehinger. Apresentamos também, na Fig. 42, o sonograma deste mesmo trecho, de duração de cerca de 25 segundos, entre 2'55" e 3'20". Nele temos uma permeabilidade bastante alta representada pela fusão de diferentes materiais utilizados pelo compositor.

Cada símbolo presente na partitura gráfica (Fig. 41) representa um tipo diferente de som utilizado, que estão compreendidos numa gama de complexidade que vai desde um som senoidal (amarelo) até o ruído branco (preto). Esses espectros, quando apresentam graficamente a configuração similar a um pente, com a sobreposição de linhas horizontais, são referentes a sons que possuem espectros harmônicos e subharmônicos. Quando pintados de preto, referem-se a sons com uma grande quantidade presente de ruído. No respectivo sonograma nota-se de fato o grau elevado de permeabilidade e a fusão desses agregados sonoros, os quais apresentam natureza distinta. Uma textura quase que contínua é percebida entre 178 e 192s, a qual preenche grande parte do espectro audível de frequências.

O diferencial dos eventos é dado pela espacialização utilizada, nesse caso em *stereo*, comprovada pela diferença gráfica entre os canais esquerdo e direito do sonograma. A massa contínua é interrompida por três cortes verticais realizados por sons de curta duração que possuem uma configuração espectral harmônica mesclados ao ruído branco (193 a 196s). Os sons, devido também à sua intensidade alta não se fundem aos outros, se destacando da massa. Assumem o papel de saliências pois quebram a continuidade da pregnância sonora anterior criada pelo compositor através da fusão de diversos sons de características distintas, e abrindo a oportunidade para novos sons surgirem e se desenvolverem no tempo e no espaço, criando novas pregnâncias.

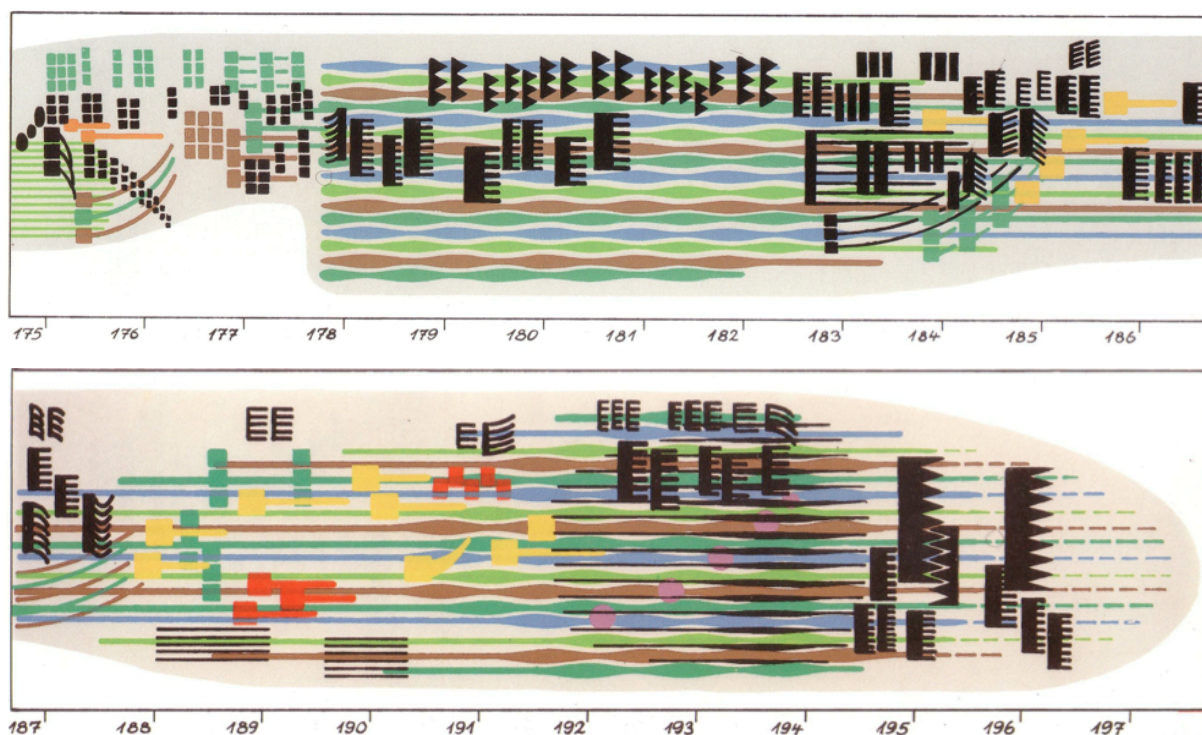


Fig. 41: Partitura gráfica de *Artikulation* (LIGETI, 1970, pp. 10 - 11)

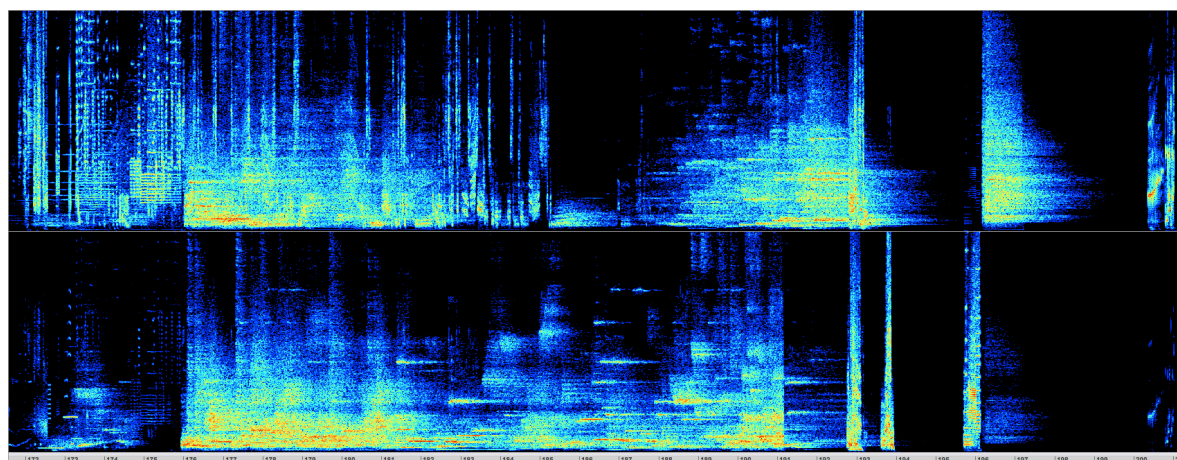


Fig. 42: Sonograma de *Artikulation*, entre 172 e 201s.

Quando nos deparamos com um trecho musical com alto grau de permeabilidade, cujos elementos heterogêneos tendem a se fundir, os movimentos individuais dos objetos se transformam em relações de densidade. Desta forma, o espaço virtual da forma assume também configurações temporais. Segundo Ligeti, existe um limiar a partir do qual a espacialidade da sobreposição de camadas texturais adquire também uma configuração temporal. Este jogo de manipulação de densidades e a busca desse limiar dentro de um trabalho composicional adiciona plasticidade ao resultado sonoro da obra. A afirmação deste tempo que opera sobre

forças e tendências reforça a ideia de sua irreversibilidade. A preocupação com o universo interior do som revela que o próprio som em si é irreversível pois suas características de ataque, decaimento, sustentação e extinção não são permutáveis, principalmente suas partes transitórias.

Esse desenvolvimento temporal unívoco seria uma nova maneira de se pensar o tempo musical, tempo distinto das músicas tonal e serial. O tempo nos leva à individuação da forma, à configurações morfológicas únicas que se sustentam pelas tensões internas formadas pelo jogo de forças de suas microestruturas. Nesse jogo interno, objetos podem ser transformados através de processos e operações diversas, com diferentes intensidades e durações, estabelecidas pelos graus de mudança. O interesse, assim, não se concentraria apenas nas estruturas (estáticas), mas principalmente no movimento e no jogo de transformações que se operam sobre as permutações de estruturas. Como consequência, o método alagmático adquire fundamental interesse seja num processo composicional, seja num processo analítico de obras musicais.

A música eletrônica para Ligeti, assim como o seu trabalho experimental no Estúdio de Colônia durante a segunda metade dos anos 1950, foi um meio em que ele pode desenvolver novas ideias criativas em relação à estruturação musical e ao seu resultado perceptivo. Uma dessas ideias é a noção de permeabilidade que acabamos de abordar. Houve também uma outra reflexão a respeito do limite de fusão da audição num único timbre como resultado da sobreposição de diferentes camadas ou vozes simultaneamente, que surgiu enquanto Ligeti assistia Koenig no trabalho de composição de sua obra *Essay* (1957 - 58). A respeito dessa experiência, Ligeti afirma em seu texto “Musique et technique: Expériences personnelles et considérations subjectives” (1980, In: LIGETI, 2010, p. 169), baseado em outros estudos fundamentados na Teoria da Informação, que somos capazes de distinguir claramente eventos sonoros individuais de uma duração superior a 50 milissegundos (1/20 segundo), no entanto se eles são mais rápidos do que esse limite, os eventos se fundem no tempo. A mesma comparação vale para as imagens: se um filme é registrado a uma taxa de 16 imagens por segundo, podemos perceber cada quadro separadamente, porém se é utilizada uma taxa acima de 20 imagens por segundo passamos a ter a impressão de um movimento contínuo da imagem.

Ligeti (*Op. Cit.*, p. 174 - 175) afirma que na obra *Essay* de Koenig o compositor procura manipular os sons na fronteira da percepção entre melodia e fusão em um único som complexo. Há momentos em que se pode distinguir as alturas tal como uma linha melódica, por outro lado, quando Koenig utiliza valores inferiores ao limite de fusão, temos a impressão de uma simultaneidade de ataques que, no entanto, são sucessivos, além do aparecimento de uma nova qualidade sonora, o *timbre de movimento* (*Bewegungsfarbe*). Nessa qualidade, um fenômeno rítmico, tal como uma sequência de sons que se alternam entre si em intervalos temporais extremamente rápidos, se transforma num fenômeno de timbre que se modifica constantemente. O ritmo não é mais perceptível enquanto movimento, passando a ser percebido no nível macro como algo estacionário; o movimento se transfere para o interior do som, através de modificações constantes na sua qualidade sonora. A partir da experiência de Koenig, Ligeti pode concluir que se utilizarmos diferentes graus de intensidade para cada altura (ou cada som), integrando diferentes sons complexos harmônicos, subharmônicos (sons diferenciais) e inarmônicos em uma sequência de sons senoidais é possível estabelecer uma falsa polifonia no interior de uma monodia, obtendo-se tecidos sonoros complexos nos quais seu espectro se encontra em constante transformação.

Alguns anos depois, Ligeti logrou transpor essa experiência ligada à música eletrônica para o ambiente da música instrumental. Suas obras para orquestra *Apparitions* (1960) e *Atmosphères* (1961) possuem uma aparência “eletrônica”, como o próprio compositor afirma, aparência essa da sonoridade que está ligada à utilização do timbre de movimento. No meio da música instrumental o timbre de movimento foi concebido tal como uma polifonia complexa feita de tramas e redes musicais denominada por Ligeti *micropolifonia* (*Op. Cit.*, p. 185). Na micropolifonia cada voz instrumental ou vocal seria equivalente a uma sequência de sons senoidais (em analogia à música eletrônica), ainda que cada uma de suas notas sejam individualmente sons complexos. Assim, o timbre resultante do tecido polifônico seria intensificado já que cada voz possui um timbre individual. As combinações entre as vozes produziriam um timbre complexo com as propriedades de fusão ligadas ao timbre de movimento resultante da densidade do tecido gerado⁶⁹.

⁶⁹ Para uma análise do timbre de movimento em *Atmosphères*, Cf. ROSSETTI; FERRAZ, 2016, p. 80 - 83.

Em *Melodien* (1971), Ligeti aplicou de maneira análoga a ideia de Koenig a respeito da saturação das melodias em *Essay* no ambiente da música instrumental. O mecanismo se deu através da simultaneidade de inúmeras melodias executadas por diferentes instrumentos que divergem em termos de alturas, intensidades, durações e articulações rítmicas, sendo que cada melodia deve ser pensada de maneira independente das outras pelo músico que irá tocá-la. Nessa obra existem três tipos de planos dinâmicos: o primeiro plano formado pelas melodias e padrões melódicos curtos; um plano intermediário formado por figuras em *ostinato*; e um plano de fundo constituído por notas longas e sustentadas. Considerando a divisão em três planos, as melodias devem ter destaque em relação aos outros planos, com as figuras em *ostinato* e as notas longas formando um fundo para estas figurações melódicas (LIGETI, 1973, p. 2).

Logo no início da obra há a presença do timbre de movimento devido à saturação da escuta pelas inúmeras vozes sobrepostas, que apresentam grande variação interna se movimentam gradualmente em direção ao agudo. Na medida em que o timbre torna-se mais agudo, sua variação interna diminui de velocidade até se estabilizar na sustentação da altura Sol# 6 executada pela flauta e pelos violinos A e B. Todo o processo dura pouco mais de um minuto no total. O movimento descendente, que se inicia logo na sequência, ocorre de maneira mais lenta pois a velocidade das oscilações internas é menos rápida, durando no total cerca de três minutos. Esse movimento também é percebido como um timbre contínuo que apresenta variações internas de cores decorrente da utilização de variações na orquestração, além de variações de alturas, intensidade e durações.

Na Fig. 43 temos o sonograma dos primeiros quatro minutos de *Melodien*, onde é possível perceber visualmente a presença do timbre de movimento na obra, uma sonoridade contínua apreendida como uma unidade que varia temporalmente tanto no macro como no microtempo. No macrotempo percebemos uma direcionalidade da forma que transita de maneira contínua entre as regiões graves e agudas do espectro audível; no microtempo, por sua vez, ocorrem microflutuações que modificam a qualidade do timbre percebido, em termos de cores e nuances.

[illegible]

Na Fig. 44 temos a primeira página da partitura da obra onde podemos observar como Ligeti realiza a escrita que condensa as ideias de micropolifonia e timbre de movimento. No trecho temos as melodias com a presença de pequenas defasagens entre si da flauta, oboé, clarinete, fagote, piano, violinos A e B, viola e violoncelo, sobrepostas às notas longas e sustentadas do trompete, trombone e contrabaixo. As melodias vão gradualmente se tornando mais agudas e as ínfimas defasagens temporais que existem em relação à sua sobreposição contribuem para que ouçamos mais do que vinte ataques instrumentais num segundo. Assim, temos a superação do nosso limite de detecção de eventos separados, provocando a sensação de fusão das diferentes vozes num único timbre complexo.

2.6.3 Grau de previsibilidade ou pré-audibilidade

Aqui discutiremos a interpretação de Gérard Grisey sobre a ideia de grau de permeabilidade implementada por Ligeti, mais especificamente sobre a questão da sobreposição de diferentes texturas ou timbres (no caso de fusão) que apresentam configurações espectrais diferentes. Para essa abordagem, Grisey, em seu texto “Structuration des timbres dans la musique spectrale” (1991, In: GRISEY, 2008, pp. 89 - 120), menciona a importância do conceito de grau de mudança, mas também introduz o conceito de grau de previsibilidade (*degré de prévisibilité*), ou de pré-audibilidade (*pré-audibilité*), que se refere às diferenças percebidas entre dois sons ou entre dois pontos de referência estabelecidos, em relação aos graus de mudança. A análise de Grisey se refere exclusivamente à música instrumental, dado que grande parte da produção do compositor é para este universo, além da proposta da criação de um novo tratado de orquestração, com uma classificação dos timbres e registros em função de seus espectros (regimes transitórios e de sustentação).

A partir dessa abordagem composicional, que utiliza as ideias de graus de mudança e de pré-audibilidade que foram utilizadas em suas obras, a conclusão de Grisey sobre a possibilidade de transições contínuas entre diferentes timbres é de que a escrita instrumental não pode simular perfeitamente essas transições. A incapacidade de fusão total entre os instrumentos cria uma zona limítrofe (*liminale*) a partir da qual os instrumentos não conseguem avançar. De acordo com Grisey, o instrumento resiste à continuidade como também ele resiste à fusão, mas esta

tensão dialética entre a intenção do compositor e a resistência do material pode gerar sonoridades esteticamente interessantes (*Op. Cit.*, p. 109).

Como exemplo dessa possibilidade de síntese instrumental de diferentes espectros e a sua sobreposição, pode ser citada a criação de uma polifonia espectral. Esta polifonia espectral imaginada seria uma superposição de diferentes timbres que tendem à fusão, uma espécie de prolongamento e readaptação dos conceitos de permeabilidade, micropolifonia e de timbre de movimento propostos por Ligeti. A seguir, trazemos a implementação deste procedimento composicional por parte de Grisey em sua obra *Modulations* (1976 - 77) para 33 músicos. Abordaremos especificamente o trecho desta obra entre as cifras 31 e 44 (a partir de 10'), em que são apresentados quatro espectros filtrados de maneiras diferentes a partir da utilização de diferentes surdinas pelos metais. As surdinas funcionam como tipos de filtros ressonantes que suprimem certas zonas de frequências ao mesmo tempo em que outras zonas são realçadas.

Os quatro tipos de surdina são a base para a criação dos quatro grupos de instrumentos que executarão notas próximas à base harmônica da grande polifonia espectral almejada pelo compositor, a vinte vozes. Temos, desse modo, uma tensão entre uma polifonia a vinte vozes e uma polifonia de blocos constituídos por quatro grupos de instrumentos. De acordo com Baillet (2000, pp. 124 - 128), a densidade polifônica cresce entre as cifras 31 a 37, momento em que os diferentes grupos e vozes vão se sobrepondo gradualmente. Entre as cifras 37 a 41 temos a diminuição gradual da intensidade geral da massa orquestral enquanto ocorre a transição para a primeira variação espectral. Entre as cifras 41 a 44 há novamente um *crescendo* gradual e uma transição para a segunda variação espectral, além de uma direcionalidade à uma harmonicidade total tendo como base a nota Mi 1.

Na Fig. 45 apresentamos a configuração espectral dos quatro agregados formados pela superposição de cinco sons, correspondentes aos quatro grupos instrumentais, além das duas variações propostas por Grisey (as quais apresentam uma direcionalidade do harmônico ao inarmônico) em relação aos parciais da nota Mi. Do lado esquerdo do espectro original temos a orquestração utilizada e no lado direito o número do parcial correspondente à série harmônica da nota Mi 1. Nota-se, de acordo com as configurações, que os espectros A e C são semelhantes em relação aos primeiros parciais, assim como os espectros B e D. Em relação à orquestração acontece o mesmo, e os instrumentos utilizados em A e C e em B e D

são semelhantes. Em ambos os casos os parciais tanto do timbre original quanto das variações começa a diferir a partir do terceiro parcial.

Em relação à percepção, resulta difícil de afirmar que seja possível a audição de uma polifonia espectral nesse tipo de processo implementado por Grisey, principalmente porque os grupos orquestrais utilizados não são separados espacialmente, nem tampouco são divididos pelo timbre dos instrumentos. No âmbito da música instrumental, esse tipo de diferenciação tímbrica em relação apenas ao espectro obtido se traduz auditivamente como variações de densidade, sendo difícil audição do resultado almejado. Ouve-se principalmente uma evolução de dinâmicas e densidades assim como uma flutuação de inarmonicidades que tendem à uma harmonicidade no final desta parte. Apesar das considerações supra, a sonoridade obtida por Grisey ainda é de grande interesse estético.

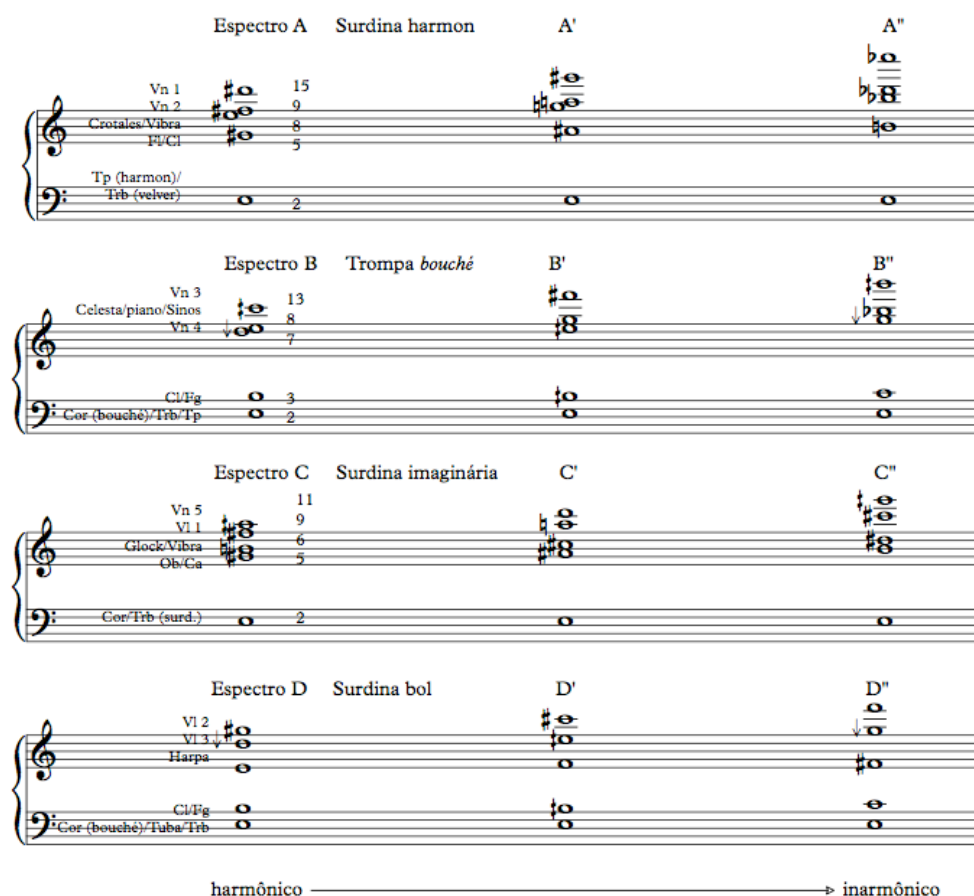


Fig. 45: Espectros de *Modulations*, cifras 31 a 44 (GRISEY, 1991, In: GRISEY, 2008, p. 111)

Na Fig. 46 apresentamos o sonograma deste trecho, entre as cifras 31 a 44 da partitura, onde podemos observar a evolução espectral da sobreposição dos

diferentes timbres neste trecho, entre aproximadamente 9'20" e 12'40". Há um acúmulo de tensão proveniente do aumento gradual da sobreposição de estruturas e também devido ao aumento da velocidade movimentação interna das vozes. Em 11'10", atinge-se o clímax de intensidade do trecho, ponto a partir do qual se inicia a diminuição gradual da densidade do timbre complexo resultante. De maneira contrária ao acréscimo de eventos, durante a diminuição, temos também a desaceleração do movimento interno das vozes que formam o timbre. Nesse trecho podemos fazer uma analogia ao conceito de timbre de movimento pois no seu início e no seu fim podemos ouvir a movimentação individual das vozes instrumentais, já que nesses pontos a densidade polifônica se situa abaixo do limite de saturação da nossa escuta. Por outro lado, na medida em que a densidade polifônica aumenta e ultrapassamos esse limite, ouvimos apenas uma estrutura que se movimenta internamente através de microflutuações. Temos também nesse exemplo o paradoxo do ritmo que migra do macro para o microtempo do som, ou seja, do exterior, da sua forma perceptível, para o seu interior, em outras palavras, para a movimentação de seus componentes no espaço-tempo.

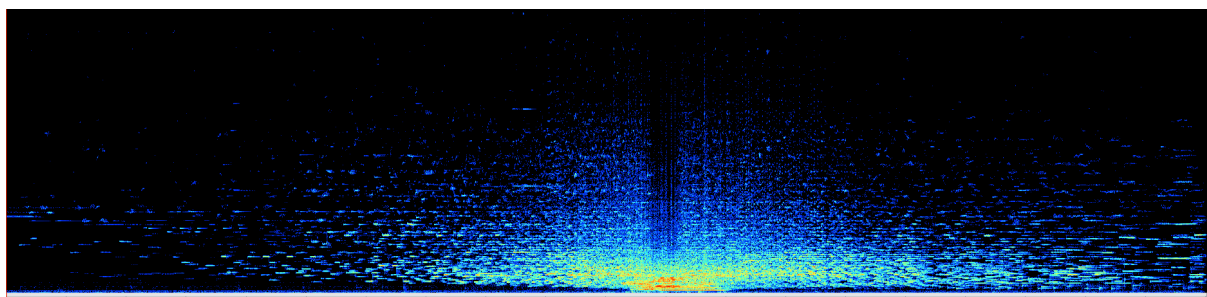


Fig. 46: Sonograma de *Modulations* (1976 - 77), de 9'20" a 12'40", cifras 31 a 44 da partitura (GRISEY, 1978)

O grau de pré-audibilidade (ou simplesmente a pré-audibilidade), portanto, pode ser pensado como quais estruturas continuam presentes no timbre que é atingido após as transformações estruturais internas terem sido completadas, ou seja, após a interpolação entre os timbres ter sido concluída. Como vimos na definição dos graus de mudança por Koenig, durante a interpolação temporal entre duas estruturas sempre há elementos que se mantêm constantes enquanto que outros são modificados. Assim, a pré-audibilidade configura como os elementos topológicos mantidos constantes, já ouvidos anteriormente. Em si, isso não é novo, mas a novidade em sua aplicação por Grisey está em como ele maneja o processo

composicionalmente no tempo, em relação à orquestração utilizada junto com as técnicas instrumentais estendidas, resultando numa escrita de grande qualidade estética, além de uma modulação temporal dos eventos profundamente bem construída.

2.6.4 Estudo sobre fusão e fissão de timbres

Dando continuidade, propomos como exemplo prático, um estudo similar de escrita instrumental do timbre, no entanto utilizando apenas dois grupos instrumentais separados por naipe, visando a determinar o nível de fusão ou fissão dos agregados sonoros. O primeiro grupo é formado por instrumentos de corda (viola, violoncelo e contrabaixo) e o segundo grupo por instrumentos de madeira e um metal (flauta, clarinete e tuba). O estudo se refere à instrumentação de nossa composição *Le vide: trois réflexions sur le temps* (2015), para quatro vozes mistas e grupo instrumental.

Trabalhamos com diferentes modos de ataque para ambos os grupos, tais como uma simulação de granulação (através de técnicas que geram sonoridades descontínuas tais como *staccato* e *pizzicato*), sons contínuos harmônicos (através de modos de ataque ordinário e vibrato) e sons contínuos que apresentam uma quantidade de ruído (trilos, trêmolos e *growling*). Nosso intuito é principalmente a construção do timbre por fusão através das técnicas instrumentais por nós utilizadas. Buscamos separar as texturas em relação à tessitura utilizada, possibilitando maior fusão e preenchimento do espectro audível. Para esse estudo, utilizamos a biblioteca de sons Sol 0.9 HQ disponibilizada pelo IRCAM (*Institute de Recherche Acoustique Musique*) como complemento ao *software Orchids*, além do Max, software no qual o disparo das amostras, a determinação das alturas, velocidades dos ataques e a espacialização em *stereo* foram programados. A comparação dos resultados sonoros obtidos foi feita através da análise dos sonogramas obtidos, a partir do *software Audiosculpt*. A seguir, apresentamos graficamente este estudo, nas Fig. 47 a 51.

Como variação da escrita instrumental, nas cordas utilizamos *pizzicato*, arco ordinário vibrato e arco *écrasé*; nos instrumentos de sopro utilizamos *staccato*, ordinario, vibrato, trilo, *frullato* e *growl*. Nos *pizzicati* das cordas, para a variação das notas tocadas, programamos um gerador randômico de alturas num âmbito de duas

oitavas. Nesse experimento era importante que as notas variassem constantemente, porém o primordial era a decalagem rítmica entre as vozes, com o intuito da geração de uma espécie de nuvem de grãos nas cordas. Não reproduzimos as variações de alturas dos *pizzicati* das cordas (grupos 1, 2 e 3) nos exemplos de notação musical das Fig. 47 a 49 (geradas aleatoriamente a partir do objeto *random* do Max⁷⁰ a partir da divisão da oitava em doze semitons e considerando o âmbito de duas oitavas por instrumento), porém indicamos com precisão a notação rítmica destes trechos. Os compassos notados são apenas indicam os eventos instrumentais produzidos e não correspondem à duração do sonograma, de dez segundos.

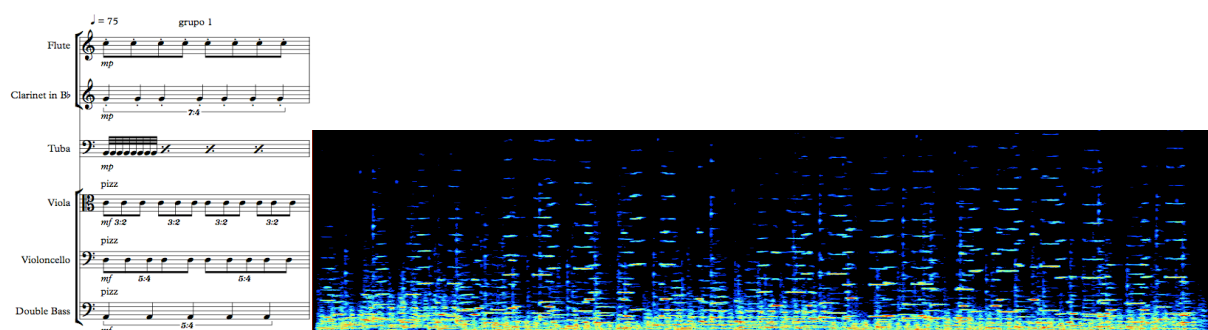


Fig. 47: Sobreposição de sons descontínuos: granulação instrumental

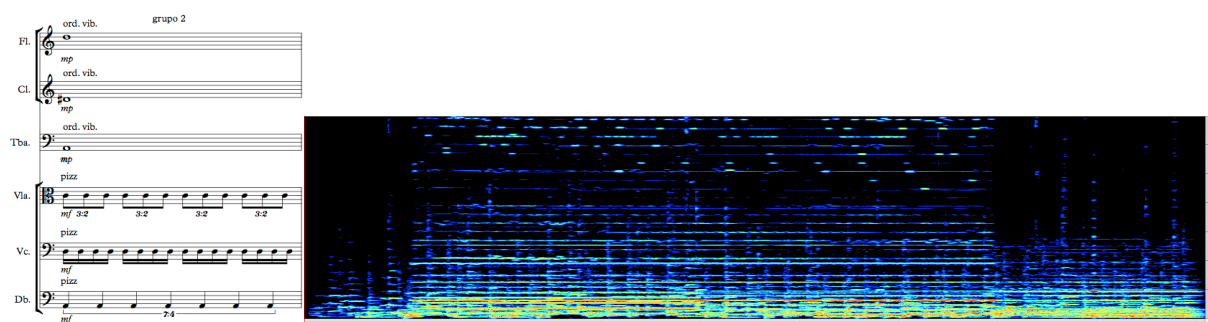


Fig. 48: Sobreposição de sons contínuos e descontínuos

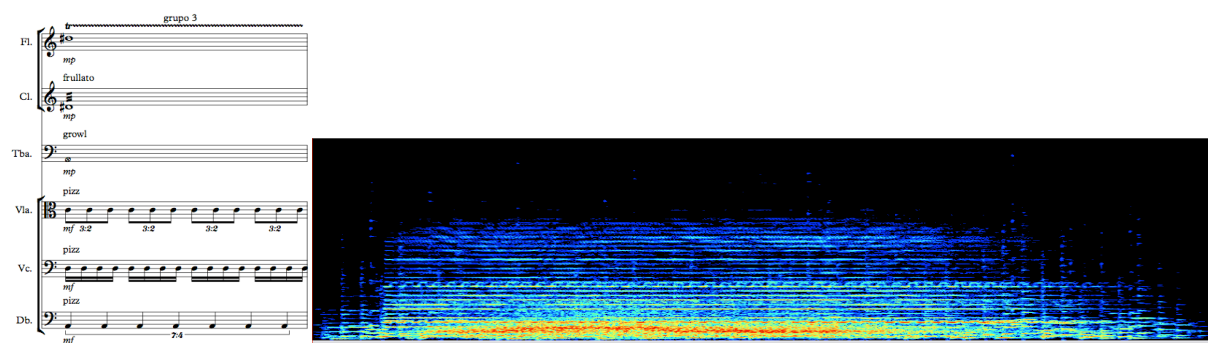


Fig. 49: Sobreposição de sons ruidosos e sons descontínuos

⁷⁰ Patch incluído no anexo da tese.

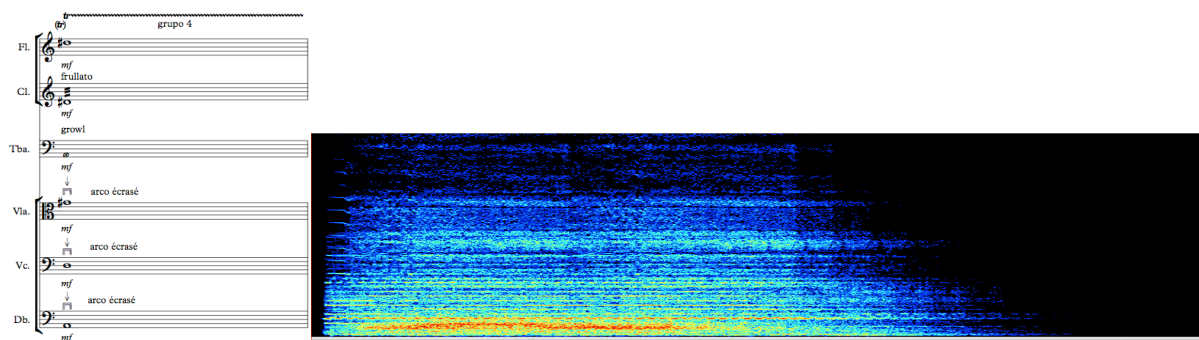


Fig. 50: Sobreposição de sons ruidosos

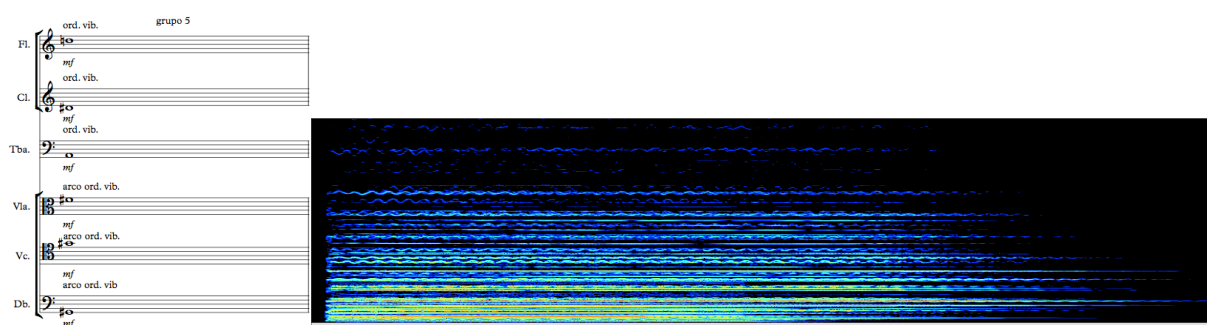


Fig. 51: Sobreposição de sons contínuos modulados por vibrato

No primeiro exemplo (Fig. 47, grupo 1) temos os seis instrumentos executando sons descontínuos (flauta e clarinete em *staccato*, tuba numa figuração bastante ágil em fusas, e cordas em *pizzicato* com viola, violoncelo e contrabaixo apresentando uma métrica distinta). Através desta escrita, buscou-se que na escuta do trecho ocorresse uma fusão dos grãos numa única nuvem, ou seja, que houvesse uma escuta granular unificada, uma fusão dos grãos. No entanto, os grãos, por apresentarem diferentes configurações e alturas bastante distintas, terminaram por repelir-se. Houve, em sua maior parte, uma fissão sonora na escuta com um grau de permeabilidade bastante alto. Pode-se apenas dizer que houve uma pequena fusão de grãos no registro grave, principalmente entre tuba e contrabaixo.

No exemplo dois (Fig. 48, grupo 2), temos as cordas em *pizzicato* juntamente com os instrumentos de sopro que executam as notas em modo ordinário, com um toque de vibrato. Perceptivelmente houve uma fusão um pouco maior desses grupos instrumentais heterogêneos, principalmente devido à camada textural harmônica criada pelos sopros. Porém, nas sonoridades agudas geradas pelos *pizzicati*, a fissão sonora na escuta ainda se manteve. No exemplo três (Fig. 49, grupo 3), os mesmos *pizzicati* foram mantidos nas cordas, porém os sopros executaram notas longas com técnicas tais como trilo (flauta), *frullato* (clarinete) e

growling (tuba), as quais adicionam uma porção de ruído em diferentes proporções às alturas entoadas. É interessante notar que o nível de fusão da escuta foi maior do que no exemplo anterior, o mesmo acontecendo com o grau de permeabilidade. A quantidade maior de ruído gerada, devido às técnicas instrumentais utilizadas nos sopros, preenche uma área maior do espectro audível, fazendo com que os sons se fundam com maior facilidade.

No exemplo quatro (Fig. 50, grupo 4), técnicas instrumentais ruidosas são escritas para os seis instrumentos. Os sopros repetem as técnicas do exemplo anterior (trilo, *frullato* e *growling*), enquanto que as cordas executam suas notas em *écrasé*, ou seja, com uma pressão muito maior do arco sobre as cordas, gerando uma grande quantidade de ruído decorrente deste contato exagerado. Nota-se no sonograma que temos uma fusão quase que total entre os instrumentos, além de um grau de permeabilidade altíssimo indicando que nossa escuta se situa próxima ao nível de saturação. Apesar de um tanto ruidosa, a sonoridade atingida é bastante interessante. Devido aos diferentes ruídos produzidos, a diferenciação dos timbres instrumentais é prejudicada, fazendo com que a identificação das fontes sonoras seja mais difícil, algo que desperta um interesse diferente no processo de escuta.

No último exemplo (Fig. 51, grupo 5), temos nos seis instrumentos notas longas executadas em modo ordinário, com uma pequena quantidade de vibrato. Uma textura contínua com alto nível de fusão é gerada, textura que apresenta um baixo grau de permeabilidade, configurando-se como um tipo de síntese aditiva de caráter instrumental pois há a fusão dos elementos em uma única estrutura. Esse tipo de escrita poderia ainda ser combinado a outras técnicas, pois ainda haveria espaço na escuta para outros elementos tímbricos ou rítmicos.

Como conclusão deste experimento, observou-se os seguintes pontos:

1) Texturas mais ruidosas tendem a fundir-se com mais facilidade, ainda que combinadas a elementos de naturezas distintas, tal como encontramos no exemplo 3 (*pizzicati* nas cordas e técnicas instrumentais ruidosas nos sopros).

2) Quando há apenas elementos ruidosos, a tendência à fusão é praticamente total, nesse contexto ainda há a presença de um grau de permeabilidade elevado. Ressalta-se que uma atenção deve ser dada à quantidade de elementos utilizados nesse tipo de textura, já que a partir de uma certa quantidade de vozes, instrumentos ou sons, a escuta se satura, não sendo mais possível, a partir desse limite, a identificação do surgimento de novos sons.

3) Sons com uma configuração espectral harmônica tendem à fusão, mesmo que a maioria de seus parciais não coincidam. Por exemplo, se orquestramos um grande acorde (maior ou menor), temos a criação de uma massa harmônica. Por outro lado, se orquestramos notas cujos parciais diferem em sua maioria, temos a criação de uma massa inarmônica. Os dois tipos de massa sonora possuem um alto nível de fusão, porém a primeira apresenta um grau de permeabilidade menor do que a segunda, já que há um maior número de parciais coincidentes.

4) Uma escrita totalmente granular (descontínua) de sons heterogêneos (instrumentos e técnicas instrumentais diferentes) não produz uma fusão, mas sim uma fissão sonora. Para que uma escrita instrumental granular funcione auditivamente é importante que os grãos sejam em certa medida homogêneos (com características morfológicas semelhantes), melhor ainda se forem sobrepostos a uma outra camada textural de sons que se fundem.

Os estudos de permeabilidade de Ligeti e de fusão sonora de Grisey são fundamentais para um maior conhecimento da capacidade de interação entre os sons (justaposição, sobreposição e/ou transição gradual) a partir de suas características espectrais. A partir de uma intuição do compositor, estas nos levam a testar as hipóteses de combinações de timbres imaginadas, seja no contexto da música instrumental, eletroacústica ou mista.

No contexto da música instrumental, esse tipo de abordagem é de grande interesse em relação à uma forma de orquestração que considera as características morfológicas dos sons gerados a partir das diferentes técnicas instrumentais estendidas utilizadas, além da combinação entre elas. No ambiente da música eletroacústica, um estudo da permeabilidade dos materiais, como vimos em *Artikulation*, permite ao compositor ter conhecimento dos diferentes materiais que tendem à fusão e aqueles que tendem à fissão, proporcionando uma articulação consciente entre os materiais no processo de geração da forma. No ambiente da música mista, por sua vez, essa metodologia é também bastante eficaz, pois através destes estudos que abordam os sons (instrumentais e eletroacústicos) a partir de suas características internas, é possível o estabelecimento de estratégias interação e convergência entre a escrita instrumental e os tratamentos eletroacústicos utilizados, tal como um processo de organização de operações sonoras que nos levam à geração da forma.

2.7 Heteromorfismo entre diferentes escalas temporais

Aqui, analisaremos uma abordagem distinta sobre o tempo e a forma no processo composicional. A abordagem preconiza não uma continuidade isomórfica, mas uma descontinuidade entre as diferentes escalas temporais presentes na composição de uma obra musical, ou seja, o estabelecimento de um heteromorfismo entre as microestruturas e as inter-relações implicadas no processo. Mais uma vez nos fundamentamos no método alagmático proposto por Simondon para analisar este fenômeno, método esse que foca sua atenção nos processos que constituem as estruturas, ou seja, no fluxo operatório que se estabelece para a constituição da forma.

Dentro da concepção de Vaggione, tal como também encontramos em Koenig (1963), existem dois grandes domínios temporais na música: o macrotempo, o tempo das notas, e o microtempo, o tempo da granularidade do som (normalmente entre 20 e 100 milissegundos), esse último apenas acessível através de procedimentos eletroacústicos. Além da concepção dualista, num processo composicional, entre os dois extremos, é possível estabelecer uma quantidade numerosa de escalas temporais, cada uma ligada a um determinado parâmetro sonoro controlado por valores numéricos (SÊDES, 2005, In: SOLOMOS, Org., 2006, p. 93). Essa é a visão defendida pelo compositor Horacio Vaggione. O compositor afirma que a manipulação dos diferentes níveis de descontinuidades temporais no interior do som, além da integração em rede de todas as variáveis que o constituem, permitem a emergência do objeto sonoro (VAGGIONE, 1994, p. 81). Caso consideremos uma escala temporal maior, que inclui as articulações entre os objetos, teremos a emergência da forma.

A teoria de Vaggione é baseada no processo eletroacústico de composição, que desenvolveu o ciclo operatório de análise-transformação-síntese (*analyse-transformation-synthèse*) em que o som por si só não é algo dado, mas algo passível de ser composto. A composição, nesse modelo, se refere ao estabelecimento de uma rede operatória de objetos que permite um trabalho sobre diferentes escalas temporais simultâneas, além de uma articulação entre as variáveis microtemporais (que nem sempre são diretamente perceptíveis) e sua incidência nas escalas temporais maiores que são identificáveis pela escuta. O

objeto ⁷¹, para Vaggione, seria uma unidade complexa que pode conter simultaneamente muitas representações ou códigos e está ligado a processos e dados relacionados a diferentes escalas ou níveis operatórios. O objeto, portanto, é uma categoria operatória, um conceito técnico desenvolvido para realizar uma determinada ação musical, capaz de englobar níveis temporais diferentes numa entidade complexa manipulável (VAGGIONE, 2000, In: SOLOMOS, Org., 2007, pp. 102 - 108).

Nesse contexto, a forma se constitui como algo derivado de um conjunto de operações realizadas na construção dos objetos sonoros, algo passível de ser escrito ou manipulado. Cada operação realizada dentro do objeto é ligada a uma escala temporal diferente que controla variáveis musicais distintas. Assim, são concebidos inúmeros espaços diferentes que coexistem no processo de composição musical, denominados “espaços componíveis” (*espaces composables*) (CARVALHO, 2005, In: SOULEZ; VAGGIONE, Org., p. 109). Nesta concepção, a forma se constitui como um fenômeno emergente, do interior ao exterior, através de uma direcionalidade do micro para o macrotempo, e não ao contrário, como algo estruturado ou planejado anteriormente no nível do macrotempo.

No pensamento formal, Vaggione se apropria do conceito de saliência cunhado por Thom. No contexto da música eletroacústica, as saliências são as singularidades do objeto, suas pequenas partes que revelam um interesse na escuta. No processo de micromontagem o compositor pode extrair e separar as saliências do objeto, formando sub-objetos, réplicas do objeto inicial. É possível ainda transformar estes sub-objetos a partir de diferentes tratamentos eletroacústicos. Na sequência desse processo, novos objetos mesoescares são criados pelo processo de justaposição ou superposição das saliências, tal como um processo de aglutinação. Segundo Vaggione, esse processo constitui um tipo de composição em rede no qual a forma global é resultado das transformações realizadas em um campo de objetos, num conjunto de morfologias e saliências escolhidas num processo de escuta (VAGGIONE, 2001).

Para exemplificar a diferença de incidência das operações multiescares em relação ao tempo e à percepção, decidimos utilizar dois tipos de tratamentos

⁷¹ Para Vaggione, a noção de objeto difere da noção de objeto sonoro de Pierre Schaeffer (1966), noção esta calcada na fenomenologia e especificamente no seu terceiro nível de escuta, o *entendre*, a apreensão das qualidades estéticas dos sons percebidas ao longo do seu desenvolvimento no fluxo temporal.

sonoros temporais controlados por diferentes variáveis: o *delay* e a descorrelação microtemporal. Esses tratamentos foram manipulados em Max, a partir de objetos presentes na biblioteca HOA (*High Order Ambisonics Library*). Observaremos como diferentes valores numéricos atribuídos às escalas temporais geram diferentes qualidades perceptivas, demonstrando a descontinuidade das escalas temporais em relação à percepção auditiva. Para os dois exemplos, utilizaremos o som gravado de uma caixa (Fig. 52).

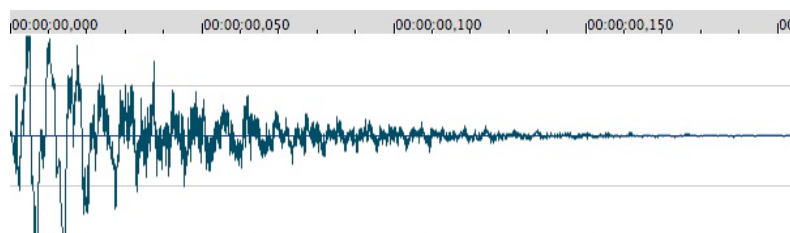


Fig. 52: Representação da forma de onda de uma caixa

No caso do *delay*, como variáveis, utilizamos o tempo do *delay* (em milissegundos) e o *feedback* (taxa de reinjeção do som no sistema do *delay*). Há no experimento apenas a variação do tempo de *delay*; o *feedback* se mantém inalterado. A seguir, na Figura 48, apresentamos as formas de onda resultantes da aplicação de quatro valores diferentes de tempo de *delay* ao som da caixa, valores estes de 10, 50, 70 e 90ms. Através da aplicação de um *delay* de 10 e de 50ms, ouve-se apenas uma variação do timbre do som resultante, além de uma variação na altura deste timbre, variação dependente do valor temporal utilizado. Esse efeito de mudança no timbre obtido a partir da utilização de tempos de *delay* extremamente curtos é conhecido como *flanger*. A partir de um tempo de *delay* por volta de 70ms, é possível a escuta de repetições periódicas do ataque do som da caixa, as quais se alternam entre os dois canais *stereo*. Estas repetições se tornam melhor identificáveis com um tempo de *delay* de 90ms. Observa-se, nas representações das formas de onda dos *delays* de 70 e 90ms, a existência de repetições do ataque da caixa (marcados por uma seta vermelha).

Não podemos estabelecer um valor numérico exato para delimitar o ponto de descontinuidade perceptiva entre as mudanças ocorridas no timbre (tempo de *delay* 10 e 50ms) e o início das repetições periódicas (tempo de *delay* a partir de 70ms), pois existem inúmeros fatores que interferem nesse tipo de percepção auditiva. Dentre esses fatores, podemos enumerar a morfologia do som no qual os

efeitos foram aplicados (diferença entre sons que apresentam um ataque com mais ou menos energia), duração do som, acústica do local em que o som é gerado ou a valor de *feedback* utilizado. Considerando todas estas condições, no caso apresentado (utilizando um *feedback* de 0.7), podemos afirmar que o limite de descontinuidade perceptiva entre alterações no timbre (*flanger*) e início das repetições periódicas se situa por volta de 70ms.

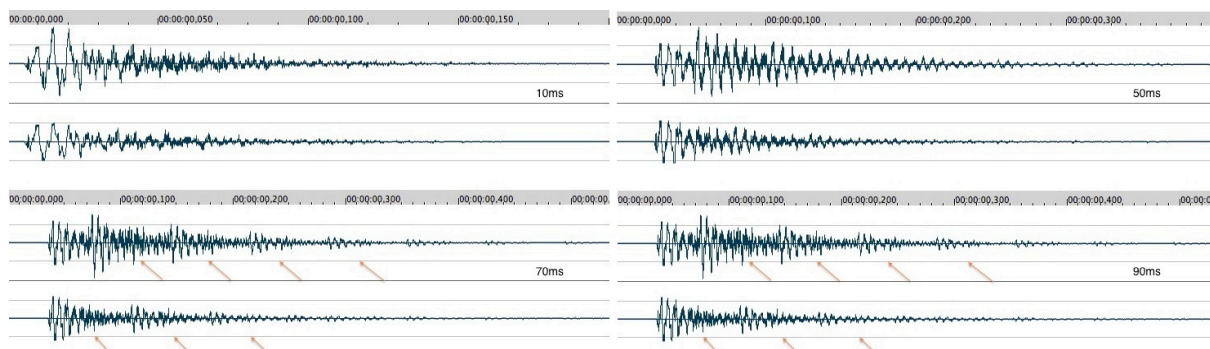


Fig. 53: Quatro tempos de *delay* diferentes (10, 50, 70 e 90ms) aplicados ao som de uma caixa

A descorrelação microtemporal é um efeito similar ao *delay*, normalmente aplicado a uma fonte sonora mono, a fim de produzir diferentes decalagens microtemporais entre as pistas de uma saída multicanal. A partir destas pequenas decalagens produzidas, em função da fase dos sons gerados (num plano de 360°) é possível produzir mudanças na percepção espaço-temporal como consequência da criação de um campo sonoro difuso. Como afirma Kendall (1995, p. 71), a escuta de dois ou mais sinais sonoros descorrelacionados provoca um efeito dramático na percepção. Ademais, a incidência desse efeito depende do grau (fator de difusão) a partir do qual os sons são descorrelacionados. A descorrelação é também um efeito encontrado na natureza, em situações nas quais os sons são refletidos nas superfícies que delimitam espacialmente o meio (efeito de reverberação) ou também quando há a presença de fontes sonoras que se movem.

Para a produção da descorrelação microtemporal em meio digital, utilizamos o objeto *Max process~*, presente na biblioteca HOA, objeto que permite a programação e a espacialização deste tratamento. Nesse objeto, para o tratamento da descorrelação, há duas variáveis através das quais podemos realizar a variação dos parâmetros: o tempo de atraso global, expresso em amostras (*samples*), e o fator de difusão (entre 0 e 1), que exprime a relação entre uma fonte sonora pontual

(valor 0) e um campo sonoro difuso (valor 1). Em nosso exemplo, escolhemos manter o fator difusão constante em seu valor máximo (1).

Nosso objetivo é estabelecer o ponto de descontinuidade entre a percepção de mudanças no timbre e a percepção de ritmos. Para verificar nossa hipótese, para o tempo de atraso, escolhemos os valores temporais de 1.000, 2.000, 3.000 e 4.000 *samples* (amostras), a partir de uma taxa de amostragem de 44.100KHz. Esses valores exprimem o atraso máximo entre as pistas geradas, em nosso caso uma saída multicanal em sete pistas. Nesse experimento, trabalhamos com uma espacialização em ambissonia⁷² de ordem 3, ou seja, na operação são produzidos três harmônicos positivos e três negativos, além do harmônico espacial zero, totalizando sete harmônicos espaciais. A fonte sonora mono utilizada no experimento é a mesma do experimento anterior, o som gravado de uma caixa.

Na Fig. 54 observamos o resultado da aplicação deste efeito ao som da caixa, a partir de quatro valores diferentes de tempo de atraso: 23ms (1000 *samples*), 46ms (2000 *samples*), 68ms (3000 *samples*) e 91ms (4000 *samples*). Nos três primeiros exemplos, as sete pistas resultantes do tratamento são percebidas como um efeito de *phasing*, ou seja, uma mudança no timbre do som resultante em relação à fonte sonora original, pois nossos ouvidos não conseguem discernir o ataque de sete sons diferentes nesses intervalos de tempo. Com 23ms de atraso, por exemplo, há um ataque a cada 3ms; com 68ms de atraso, há quase um ataque a cada 10ms. Acima de 68ms de atraso, a percepção do som da caixa começa a se alterar, pois é ao redor deste limiar que se encontra a descontinuidade de nossa percepção em relação a este efeito. Com um atraso máximo de 91ms entre as pistas, é possível distinguir claramente os diferentes ataques, sendo possível a escuta de ritmos especializados, tal como um cânone microtemporal à sete vozes. Nos exemplos abaixo é possível visualizar graficamente o aparecimento das repetições (indicadas por flechas vermelhas) nos exemplos de cerca de 70 e 90ms de tempo de atraso.

⁷² A ambissonia é um conjunto de técnicas de síntese, gravação e reprodução de campos sonoros baseada na decomposição de um campo acústico em harmônicos esféricos. Ela é uma representação válida localmente, para um espaço definido, normalmente uma esfera na qual o centro é o ouvinte, o qual é imerso neste campo sonoro. A decomposição espacial do som em harmônicos esféricos é uma ferramenta matemática utilizada nos estudos de acústica, diferente das representações cartesianas ou polares, sendo um procedimento análogo às transformadas de Fourier, que permitem a decomposição do som em séries de parciais (GUILLLOT, 2012 - 13).

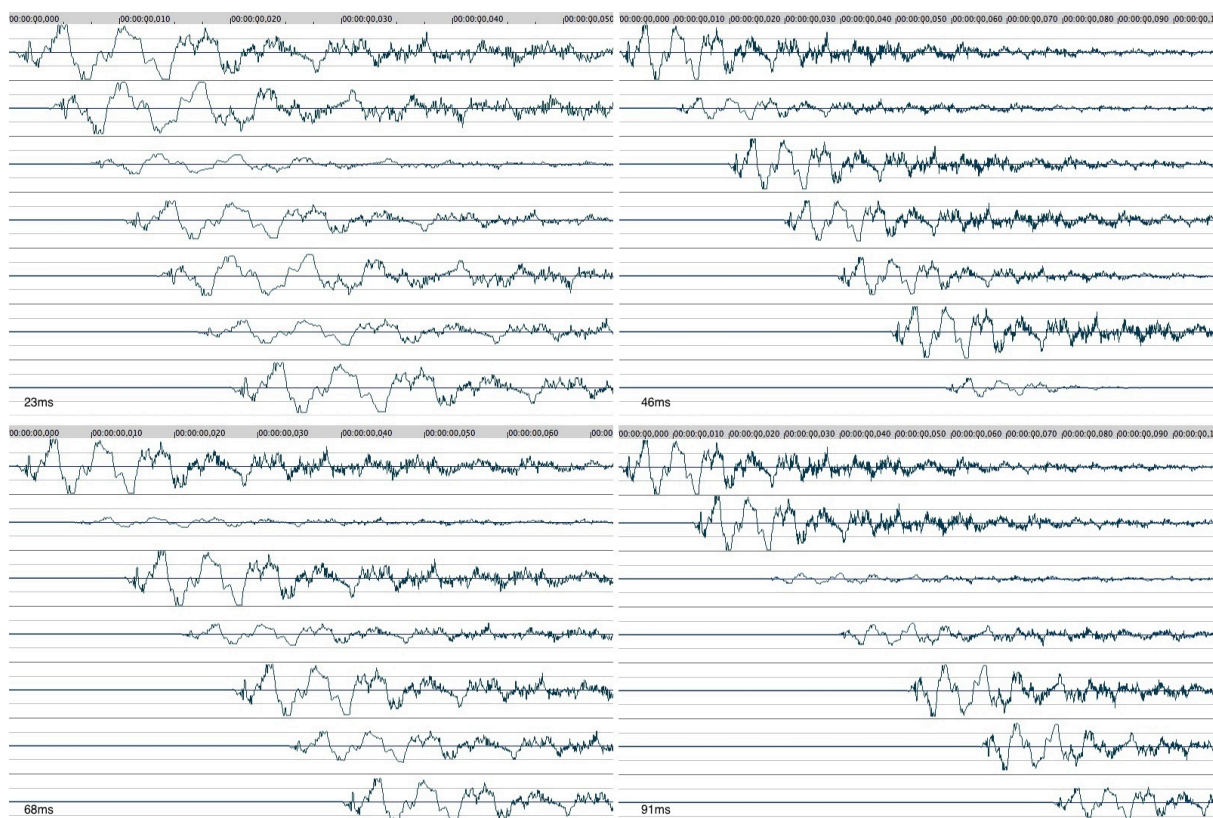


Fig. 54: Quatro exemplos de decorrelação microtemporal, em sete pistas

Da mesma maneira que no exemplo do anterior, o limiar perceptivo depende de diversos fatores, sobretudo da morfologia da fonte sonora, e é unicamente válida para o som da caixa. Possivelmente o limiar perceptivo também é válido para sons com um ataque muito rápido, que liberam uma grande quantidade de energia mas, da mesma forma, não há um valor universal que define com exatidão o limiar de descontinuidade entre a percepção do timbre e do ritmo periódico neste caso da decorrelação microtemporal. Os limiares de descontinuidade perceptiva em relação aos tratamentos temporais são uma característica da percepção auditiva bastante interessante de ser explorada num processo composicional. Também nos parece importante uma pesquisa sobre as descontinuidades perceptivas em outros tipos de tratamentos temporais, bem como a investigação desses fenômenos como procedimentos composicionais.

A percepção auditiva, em relação aos tratamentos temporais do *delay* e *decorrelação microtemporal*, pode ser entendida analogamente aos tipos de morfologia estudados na teoria das catástrofes de René Thom. Essas morfologias apresentam pontos de ruptura, conhecidos como pontos críticos, nos quais elas apresentam quebras de continuidade, tal como um salto qualitativo, retomando

novamente sua continuidade num outro patamar. Dessa forma, pode-se pensar a existência de uma continuidade em relação aos valores extremamente baixos dos dois tratamentos eletroacústicos, onde temos uma modulação tímbrica do som resultante (*phaser* ou *flanger*). Por volta de um certo limiar (70ms), há uma quebra na continuidade de modulação do timbre, momento em que nossa escuta começa a perceber repetições periódicas dos transientes de ataque do instrumento.

Há, dessa maneira, uma mudança qualitativa em nossa percepção, que começa a organizar os dados de forma distinta ao que vinha acontecendo até então. A partir da quebra de continuidade, identificamos um ponto crítico dessa morfologia perceptiva, tal como acontece, por exemplo, de forma análoga ao ponto de congelamento da água. Em condições normais de temperatura e pressão, a 0°C a água começa a congelar, ponto crítico no qual suas moléculas sofrem um processo de cristalização e começam a adquirir uma conformação sólida. Nesse processo, não enxergamos uma continuidade morfológica da água ao passar do estado líquido para o sólido, mas sim estados distintos com características diferentes, ambos relacionados a uma mesma morfologia (a água) cujas características moleculares são semelhantes.

A audição de um som que se repete no tempo e no espaço, cujos ataques são extremamente rápidos, são percebidos por nosso sistema auditivo tal como modulações no timbre. Caso não tivéssemos a informação sobre a repetição dos ataques, não teríamos como saber que se tratavam de repetições extremamente rápidas. Apenas visualmente, através de representações da forma de onda do som, podemos ter consciência desse fato. Quando as repetições têm um intervalo superior a 70ms, elas começam a ser entendidas de fato como tal, pois uma periodicidade é possível de ser detectada. Da mesma forma que a água em seus diferentes estados, ambos os fenômenos sonoros fazem parte de uma mesma morfologia: são repetições espaço-temporais de um mesmo som, porém, dependendo da velocidade das repetições, temos um tipo qualitativo diferente de percepção.

SEGUNDA PARTE

ANÁLISES E COMPOSIÇÕES MUSICAIS

Capítulo III

Aplicação dos processos microtemporais e morfologias estudados em análises musicais

Neste capítulo, apresentaremos análises musicais de obras que entendemos estarem ligadas às categorias de construção do timbre ondulatória e granular, que foram apresentadas no Capítulo I. Diferentemente da abordagem das obras incluídas nos capítulos anteriores, aqui as obras mencionadas serão tema de uma análise mais detalhada, com enfoque nas características tímbricas que desejamos analisar especificamente em cada obra. Isto significa que muitas vezes as obras selecionadas não serão analisadas do começo ao fim, mas principalmente serão selecionados trechos a serem destrinchados, que refletem nosso objeto de abordagem.

A maioria das peças selecionadas para este capítulo são obras instrumentais, algo que nos remete aos conceitos de tecnomorfismo e síntese instrumental, discutidos nos capítulos anteriores. Nestes processos, o som é pensado como uma transposição de procedimentos eletroacústicos de estúdio para o ambiente da música instrumental. Dentro desse contexto, exclui-se a primeira obra que será abordada, *Farben* Op. 16 nº 3 de Arnold Schoenberg (1909), obviamente por se tratar de uma obra composta antes do advento das músicas concreta e eletrônica, que datam do final dos anos 1940 e início dos anos 1950. No entanto, nossa atenção nessa obra se volta para a construção do timbre a partir de um manejo composicional da harmonia e orquestração em conjunto, além de uma possível analogia estética entre timbre (sonoro) e cor (visual). Apesar desta obra não poder ser pensada a partir do conceito tecnomórfico, ela pode ser entendida dentro do contexto de sua época, no qual encontram-se os experimentos acústicos e ópticos de Helmholtz (1868).

O que de certa forma podemos observar como resultado desta transposição de conceitos e técnicas da música eletroacústica para a música instrumental é a grande ampliação de técnicas e sonoridades atingidas na música contemporânea experimental. Novas sonoridades são atingidas, assim como novos timbres, além da combinação entre eles. Estes novos territórios permitem nos deslocarmos de ambientes já consolidados para uma visita ao novo, a algo que nos

tira de nosso equilíbrio estrutural e nos leva a ambientes instáveis, muitas vezes pouco confortáveis. Esta busca por tornar audível o até então inaudível ocorre não somente através de uma busca incessante por novos sons, mas também através de uma combinação original de materiais que, de acordo com a nossa formulação teórica, podem possuir, a saber, características pregnantes e salientes.

Na nossa concepção, ligadas ao paradigma ondulatorio, abordaremos as obras *Farben Op. 16 nº 3* (1909) de Arnold Schoenberg, a *Nona das Dez peças para quinteto de sopros* (1968) de György Ligeti e *Treize couleurs du soleil couchant* (1978) de Tristan Murail. As obras analisadas ligadas ao paradigma granular serão *Pithoprakta* (1955 - 56) de Iannis Xenakis, *Concerto para piano e orquestra* (2005) de José Manuel López López, *Schall* (1995) e *Till* (1991) de Horacio Vaggione. No último item do capítulo, elencaremos as principais atribuições dos processos de construção do timbre analisados a partir dos modelos ondulatorio e granular, além do trabalho de combinação entre eles, ressaltando a sua complementariedade. Focaremos a discussão na questão das operações realizadas sobre os agregados sonoros com o intuito de atingir a fusão espectro-temporal dos timbres.

3.2 Timbre, harmonia e orquestração: *Farben Op. 16 nº 3* de Schoenberg

Dentro desta categoria, elencada como pertencente ao paradigma ondulatorio apresentamos, no capítulo I, exemplos de Wagner e Debussy. Aqui, discutiremos e analisaremos a noção de construção do timbre através dos elementos harmonia e orquestração, além da noção de *Klangfarbenmelodie*, encontrada na obra *Farben Op. 16 nº 3* de Schoenberg⁷³. *Farben* é uma obra do repertório que já foi exhaustivamente analisada, por esta razão, dentro de nosso trabalho, nos basearemos em análises prévias de Förtig (1969), Rufer (1969), Dahlhaus (1970) e Burkhart (1973).

Sobre a importância do timbre, nas páginas finais de sua obra *Harmonia* (1911), Schoenberg afirmou que o futuro da composição musical passaria por uma investigação mais aprofundada sobre este parâmetro sonoro. Segundo ele, até então, a música tinha dado uma importância maior, por exemplo, ao parâmetro das

⁷³ Esta análise foi aceita para publicação na Revista Música da ECA-USP, ISSN 2238-7625, a ser publicada no 1º semestre de 2017.

alturas e ao caminho harmônico resultante da sobreposição das vozes. Neste sentido, justamente uma das saídas que este compositor aponta para uma invenção composicional ligada ao timbre seria a possibilidade da utilização do denominado melodia de timbres. Abaixo reproduzimos um trecho de *Harmonia*, em que Schoenberg se posiciona neste sentido:

A valorização da *sonoridade tímbrica*, da segunda dimensão do som, encontra-se, portanto, em um estágio ainda muito mais ermo e desordenado do que a valorização estética das harmonias nomeadas por último (...) O timbre é, portanto, o grande território, e a altura, um distrito. A altura não é senão o timbre medido em uma direção. Se é possível, com timbres diferenciados pela altura, fazer com que se originem formas que chamamos de melodias, sucessões cujo conjunto suscita um efeito semelhante a um pensamento, então há de também ser possível, a partir dos timbres outra dimensão – aquilo que sem mais nem menos denomina-se timbre –, produzir semelhantes sucessões, cuja relação entre si atue com uma espécie de lógica totalmente equivalente àquela que nos satisfaz na melodia de alturas (SCHOENBERG, 2001, p. 578).

Cramer (2001), referindo-se à *Klangfarbenmelodie*, afirma que a melodia de timbres foi um recurso de organização composicional adotado por este compositor principalmente em sua fase conhecida como “atonal” (1908 – 1913), período em que ele já havia abandonado o discurso tonal pós-romântico de suas primeiras obras, porém ainda não havia atingido a concepção organizativa do dodecafonismo ou serialismo das alturas – técnica que foi implementada de fato apenas em 1922. Citando Dahlhaus (1970), Cramer ainda afirma que a variação da instrumentação é um elemento essencial da *Klangfarbenmelodie*, porém não o único. A progressão harmônica também seria outro elemento organizador indissociável deste conceito, confirmada pelo próprio Schoenberg, em 1951: “*Klangfarbenmelodien* seriam progressões de cores tonais igualando progressões harmônicas em termos de lógica interna” (SCHOENBERG, 1951, apud SCHOENBERG, 1975, p. 485, tradução nossa)⁷⁴. Neste mesmo ano, em carta a Josef Rufer, este compositor asseverou ainda que, como característica, a melodia de timbres não envolveria a sucessão de sons individuais, tal como um princípio polifônico, mas sim a combinação de “vozes que se movimentam” (SCHOENBERG, 1951, apud RUFER, 1969, p. 367).

⁷⁴ “*Klangfarbenmelodien* would be progressions of tone-colors equaling harmonic equaling harmonic progressions in terms of inner logic” (SCHOENBERG, 1951, apud SCHOENBERG, 1975, p. 485).

A partir desta definição de *Klangfarbenmelodie*, fundamentada em depoimentos do próprio compositor e em análises anteriores de *Farben*, analisaremos a incidência da melodia de timbres nesta obra, considerando critérios de variação de orquestração e variação harmônica. Procuraremos investigar de que maneira o manejo da orquestração e da harmonia por parte do compositor afetam a percepção do timbre pelo ouvinte. Inicialmente, buscaremos a origem e as ideias que proporcionaram o surgimento da *Klangfarbenmelodie*. Logo após, apresentaremos um panorama de como Schoenberg trabalhou as variações harmônicas desta peça, em termos de transposições e movimentação das vozes, através de uma redução para piano das vozes principais orquestradas pelo compositor.

Procuraremos também analisar como ocorre a percepção tonal do timbre resultante, a partir do áudio da peça. Para tanto, utilizaremos um descritor de áudio baseado no *croma*, que nos mostra a qualidade tonal dos agregados tímbricos - uma espécie de representação circular em que não se considera a diferença das alturas em oitavas -, e sobre que notas do total cromático está baseada nossa percepção do timbre em determinado momento. Finalmente, avaliaremos as características da percepção do timbre desta peça, aplicando os seguintes descritores paramétricos de áudio: *centroide*, *sharpness*, *loudness* e *inharmoniccity*.

3.1.1 A ideia de Klangfarbenmelodie

É possível afirmar que, no final do século XIX, Schoenberg foi influenciado pelas leituras das obras de Helmholtz que abordam seus experimentos e teorias sobre acústica, como também sobre ótica. Neste período, Schoenberg estava bastante interessado em trabalhar uma possível relação entre cores e sons e, neste contexto, Helmholtz era uma fonte bastante útil. Investigando a questão do timbre em obras de Helmholtz, encontramos algumas relações entre timbre e cor. Em, *On the sensations of the tone*, por exemplo, ele afirma que a formação do som composto, a partir de diversos parciais, é similar à composição da luz branca proveniente do sol, a partir das diferentes cores do arco-íris (1954, p. 48). Em outro trecho (*Op. Cit.*, p. 64), referindo-se à R. Waller (*Philosophical Transactions*, 1686) – obra em que se propôs a redução de todas as cores à mistura de três cores

fundamentais (vermelho, azul e verde) – afirma que o fenômeno da mistura de cores apresenta uma considerável analogia àqueles dos tons musicais compostos, no caso dessa propriedade da decomposição das cores em três cores fundamentais.

Em *Treatise on physiological optics Vol. II* (1911, edição inglesa de 1924), Helmholtz propõe uma relação muito mais estreita entre cores e sons. Assevera que “as diferentes sensações das cores nos olhos dependem da frequência das ondas luminosas da mesma maneira que as sensações das alturas no ouvido dependem da frequência das ondas sonoras”⁷⁵ (1924 [1911], p. 76, tradução nossa). Também afirma que as recentes descobertas e medições científicas supõem que o espectro de luz, como conhecemos, é dividido pelo mesmo princípio da escala musical, utilizando o número de vibrações das ondas etéreas (HELMHOLTZ, 1924, p. 76). Helmholtz apresenta também uma “escala de cores”, e a relaciona com a musical cromática, conforme apresentamos a seguir:

Fá#	Fim do vermelho	Ré#	Azul ciano
Sol	Vermelho	Mi	Azul índigo
Sol#	Vermelho	Fá	Violeta
Lá	Vermelho	Fá#	Violeta
Lá#	Vermelho alaranjado	Sol	Ultravioleta
Si	Laranja	Sol#	Ultravioleta
Dó	Amarelo	Lá	Ultravioleta
Dó#	Verde	Lá#	Ultravioleta
Ré	Azul esverdeado	Si	Ultravioleta

Tab 3: Escala cromática de cores em analogia à escala cromática de sons (HELMHOLTZ, 1924 [1911] p. 77)

Na escala de alturas musicais, o Dó (amarelo) corresponde ao Dó central (Dó 4). Na escala de cores, nota-se que os dois extremos do seu espectro permanecem os mesmos por alguns intervalos cromáticos. Segundo Helmholtz, isto acontece porque na região central deste espectro, o olho tem muito mais habilidade para reconhecer frequências vibratórias do que nas regiões extremas, além de haver diferenças entre a graduação de intervalos de cores e intervalos de alturas sonoras, em relação às frequências vibracionais (HELMHOLTZ, 1924, p. 77).

Schoenberg também pintava. Seu período mais produtivo como pintor foi justamente entre 1906 e 1912, período que corresponde à sua fase composicional “atonal”. Segundo Shawn (2003, p. 61), neste período, Schoenberg estava

⁷⁵ The different sensations of color in the eye depend on the frequency of the waves of light in the same way as sensations of pitch in the ear depend on the frequency of the waves of sound” (HELMHOLTZ, 1924 [1911], p. 76).

constantemente pensando em associações entre sons e cores. No drama musical *Die glückliche Hand* Op. 18, por exemplo, encontramos na partitura anotações sobre a exata progressão de mudança de cores imaginada por Schoenberg, que acompanha um interlúdio orquestral (SCHOENBERG, 1917, p. 23 - 24)⁷⁶. Em *Farben*, por sua vez, o impulso pictórico seria praticamente palpável nas explorações pelo timbre, assim como um paralelo poderia ser traçado em relação às suas explorações com as cores no campo visual. A seguir nas Fig. 55 e 56 apresentamos reproduções de dois quadros pintados por Schoenberg neste período.



Fig. 55: *Olhar azul* (Schoenberg, 1910)



Fig. 56: *Olhar* (Schoenberg, 1910)

3.1.2 Análise da partitura

Para nossas observações a respeito da melodia de timbres implementada por Schoenberg, consideraremos as cinco vozes principais orquestradas e trabalhadas harmonicamente pelo compositor, de acordo com as observações de Förtig (1969) e Burkhart (1972). Schoenberg utilizou um acorde base, a cinco vozes, condutor da melodia de timbres, que sofre variações harmônicas e orquestrais ao

⁷⁶ A cena acontece numa paisagem rochosa (cinza escuro) com alguns pinheiros (com folhas prateadas) perto de um desfiladeiro. Há também duas cavernas que estão temporariamente cobertas por um pano violeta-escuro. No texto que acompanha a partitura, Schoenberg afirma que a montagem não deve ser a imitação de uma paisagem natural, mas uma combinação livre de cores e formas (numa tendência clara à abstração visual). Na sequência, surge uma luz verde-cinza por trás. Mais tarde as cavernas são iluminadas por uma luz verde-amarelada e, nas rochas, uma outra violeta-escuro. Quando o homem (personagem principal) aparece entre as duas cavernas, a luz violeta muda gradualmente para o marrom, vermelho, azul, verde e amarelo brilhante (Cf. SCHOENBERG, 1917, p.23 - 24).

longo da peça. Além dele, em momentos esporádicos, encontramos outros acordes formados por sobreposições de intervalos de quartas e quintas justas, além de outros efeitos, como arpejos executados pela harpa, celesta, flauta e alguns outros instrumentos. Nossa análise harmônica não abordará estes últimos elementos citados.



Fig. 57: Acorde inicial de *Farben*, a cinco vozes

Sobre este acorde (Fig. 57), Schoenberg desenvolverá variações harmônicas através de movimentação cromática das vozes, de maneira independente, além de transposições integrais (considerando as enarmonias) ascendentes e descendentes deste mesmo acorde, em intervalos de segunda e terça (maiores e menores), eventualmente compostos. Estas variações são apresentadas na Fig. 58. O acorde inicial (Dó 3, Sol# 3, Si 3, Mi 4, Lá 4) é mantido pelos quatro primeiros compassos da obra. Em relação às transposições há, por exemplo, uma transposição para nona menor abaixo (Si 1, Sol 2, Si \flat 2, Mi \flat 3, Lá \flat 3) nos compassos 10, 11 e 12. No compasso 13 ele é transposto para uma segunda menor abaixo (Si 2, Sol 3, Si \flat 3, Mi \flat 4, Lá \flat 4); nos compassos 15, 16, 19 e 20, para uma segunda maior acima (Ré 3, Si \flat 3, Ré \flat 3, Fá# 4, Si 4); no compasso 25, para uma terça maior acima (Mi 3, Dó 4, Mi \flat 4, Lá \flat 4, Ré 5); no compasso 28, terceiro tempo, para uma terça menor acima (Mi \flat 3, Si 3, Ré 4, Sol 4, Dó 5); e no compasso 29, segundo tempo, para uma segunda menor acima (Dó# 3, Lá 3, Dó 4, Mi 4, Si \flat 4). Na Fig. 58 temos as transposições mencionadas.

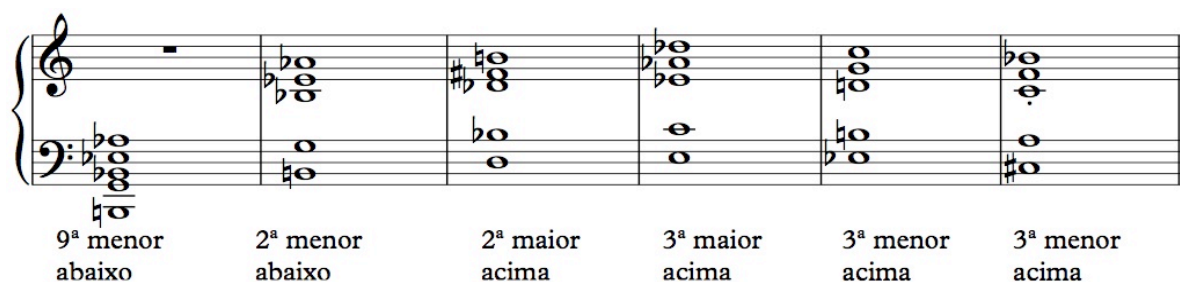


Fig. 58: Transposições do acorde inicial de *Farben*

Além das transposições integrais do acorde inicial, Schoenberg utiliza também o movimento independente das vozes (contraponto), na maioria das vezes um movimento de um único semitom. Estas movimentações podem ocorrer em apenas uma voz ou também em duas ou até três vozes, em movimento direto ou contrário. Este é um ponto importante do trabalho composicional de Schoenberg, ao qual voltaremos na conclusão desta análise.

Quanto ao ritmo de mudanças harmônicas empregado pelo compositor, notamos que este se inicia de forma lenta, assim se mantendo até o compasso 11 (um mesmo acorde permanece por um ou mais compassos). Este ritmo se acelera parcialmente entre os compassos 12 e 25, sempre havendo um acorde diferente por compasso (compassos 12 a 21). Entre os compassos 22 e 25, há uma mudança harmônica a cada dois tempos (lembramos que o compasso da obra se mantém sempre em 4/4). O momento da peça em que há a maior movimentação harmônica ocorre entre os compassos 26 e 29: as vozes se movimentam a cada unidade de tempo, ou mesmo mais de uma vez a cada tempo. Após este trecho em que o ritmo harmônico é mais acelerado, a peça volta a ter seu caráter inicial, com cada acorde com um ou mais compassos de duração.

3.1.3 Percepção da qualidade tonal

Para a investigação sobre a percepção do timbre em *Farben*, realizamos uma análise a partir do áudio da peça (ZENDER, 1997). Para este trabalho, utilizamos o programa *Sonic Visualiser* e, sobre o áudio, aplicamos o descritor *NNLS Chroma*. O croma nos descreve a percepção psicológica do timbre de um som complexo, além de nos fornecer uma representação cíclica da “qualidade tonal” do áudio analisado. Nesta descrição, a altura do som em si não é considerada (em relação a oitavas), mas apenas a sua qualidade tonal, ou seja, sobre quais tons da escala cromática de doze semitons se baseia a percepção de determinado som complexo (MEYER-EPPLER, 1954; SHEPARD, 1964).

Apesar de sabermos pela partitura quais notas estão sendo tocadas pelos instrumentos, o croma nos descreve quais partes do espaço tímbrico (neste caso, os doze sons do total cromático) estão preenchidas em determinado momento. No trecho de 1” a 23”, correspondente aos compassos 1 a 3, percebe-se que a

percepção tonal situa-se exatamente nas notas correspondentes ao acorde inicial. No entanto, as notas Mi e Lá são percebidas com maior intensidade (tocadas pelas flautas, corne-inglês e trompete). Na Fig. 59, em que vemos este trecho, nota-se que os espaços sonoros entre as notas Si e Dó, Lá, e Lá são ocupados totalmente e se fundem numa percepção única.

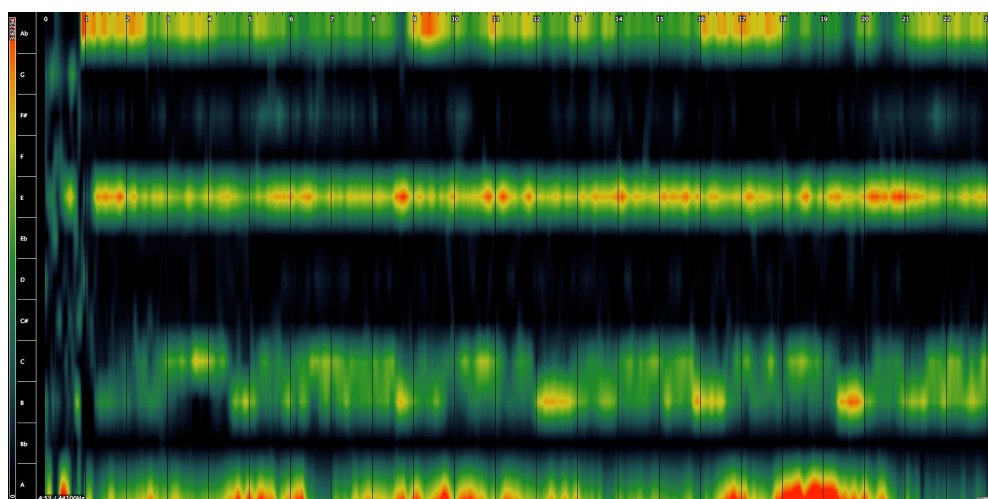


Fig. 59: Descritor NNLS Chroma (Sonic Visualiser), trecho entre 1'' e 23'' de *Farben*

Aplicando este descritor à parte de maior movimentação das vozes, entre os compassos 26 e 29, nota-se que a percepção do timbre é menos tonal e mais textural. A área do espaço tímbrico se torna muito mais preenchida, dificultando a percepção das alturas de maneira isolada. O que ocorre é uma percepção localizada de diversas tensões e movimentações sonoras que vêm a se estabilizar nos momentos seguintes (Fig. 60).

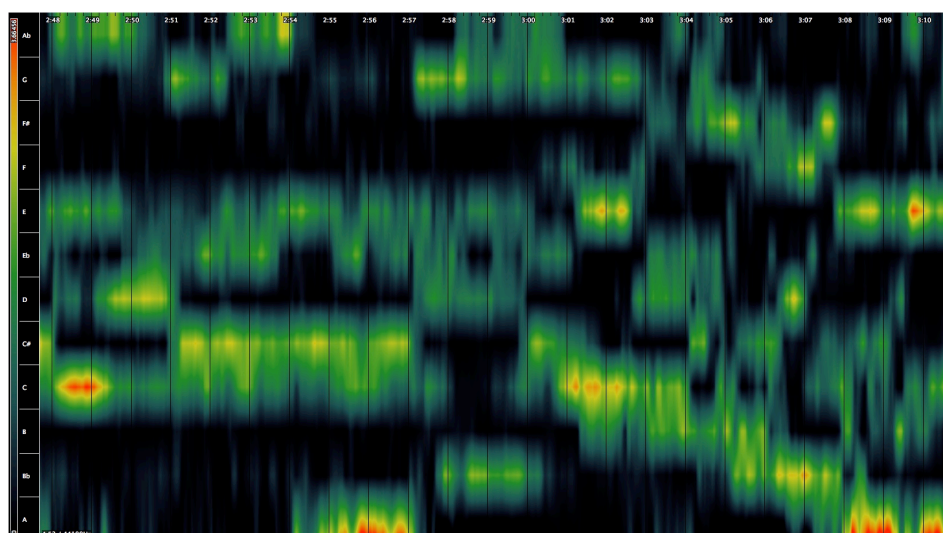


Fig. 60: Descritor NNLS Chroma (Sonic Visualiser), trecho entre 2'48'' e 3'11'' de *Farben*

Além destes dois momentos contrastantes apresentados, a percepção da melodia de timbres implementada por Schoenberg apresenta ao longo da peça uma certa linearidade. Há sempre alguma tensão embutida nos acordes: no acorde inicial, por exemplo, encontramos dois semitons cromáticos (Sol \sharp - Lá, Si - Dó). Esta tensão é sempre mantida nos acordes subsequentes (que também apresentam semitons cromáticos em sua formação), de maneira que a movimentação horizontal das vozes, em tese, sempre possui um “caminho resolutivo” a percorrer.

Outra informação importante, obtida através deste descritor, é que, na gravação que utilizamos, no trecho referente ao último compasso da obra - no qual temos na partitura o mesmo acorde inicial (Dó, Sol \sharp , Si, Mi, Lá) - a percepção da nota Si é praticamente extinta no trecho da fermata final. A resolução Si - Dó é enfatizada, pelo fato de que na orquestração temos a nota Dó tocada por quatro instrumentos (clarinete baixo, contra-fagote, viola e contrabaixo), enquanto que a nota Si é tocada apenas pelo trompete. Temos, como resultado, a percepção clara de um acorde de Lá menor que pode ser visto como resolução da tensão existente ao longo de toda a obra - ocasionada pela utilização de acordes contendo sempre semitons cromáticos -, apesar de também haver um Sol \sharp tocado pelo corne-inglês, este sem muita presença (que também pode ser entendido como uma sétima maior do acorde de Lá). Abaixo, na Fig. 61, apresentamos o trecho correspondente aos dois últimos compassos da peça, em que a harmonia, a partir da informação da partitura, teoricamente deveria permanecer estática. Entre 4'41" e 4'42" há uma clara subida de percepção tonal do Si para o Dó.

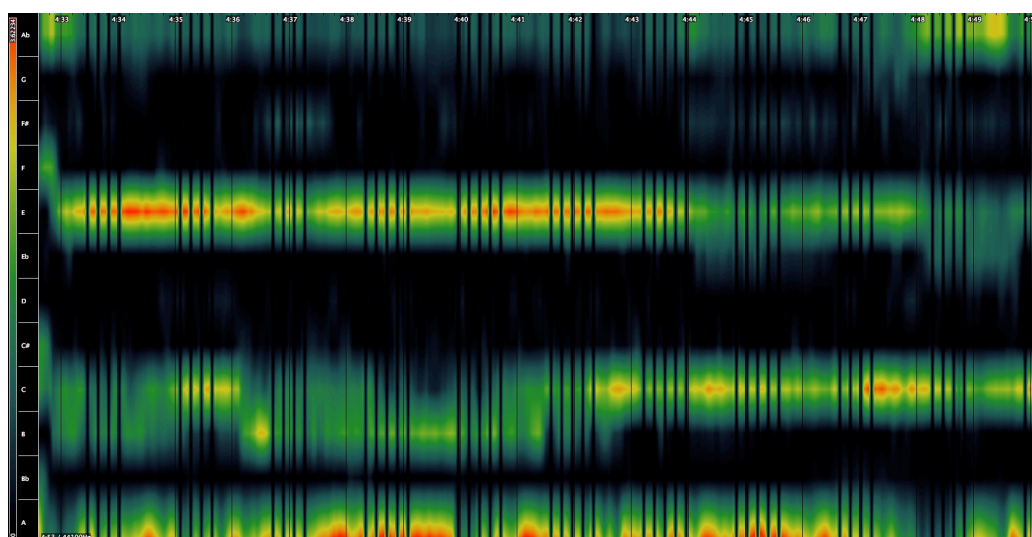


Fig. 61: Descritor NNLS Chroma (Sonic Visualiser), trecho entre 4'33" e 4'50" de *Farben*

3.1.4 Avaliação da percepção do timbre

O timbre, elemento sonoro ligado principalmente ao fenômeno perceptivo do som, apresenta uma dificuldade de análise devido à sua complexidade, pois de fato não existe uma grandeza única que explique sua configuração. É necessário, portanto, analisá-lo de acordo com suas diferentes qualidades perceptivas notadas pelo ouvinte. Nesta tarefa, após descrevermos a percepção tonal do timbre através do croma, aplicamos ao áudio outros tipos de descritores que evidenciam diferentes elementos que estão relacionados às qualidades perceptivas do agregado tímbrico.

Em nossa análise do timbre⁷⁷ de *Farben*, decidimos por trabalhar com quatro descritores que nos forneceram gráficos e nos auxiliaram a entender o comportamento qualitativo e as transformações do timbre no tempo. São eles *spectral centroid* (centroide), *sharpness* (aspereza), *loudness* (intensidade) e *inharmonicicity* (inarmonicidade). A seguir, apresentamos os quatro gráficos referentes às qualidades acima mencionadas, nos quais é possível visualizar suas características individuais e sua evolução temporal.

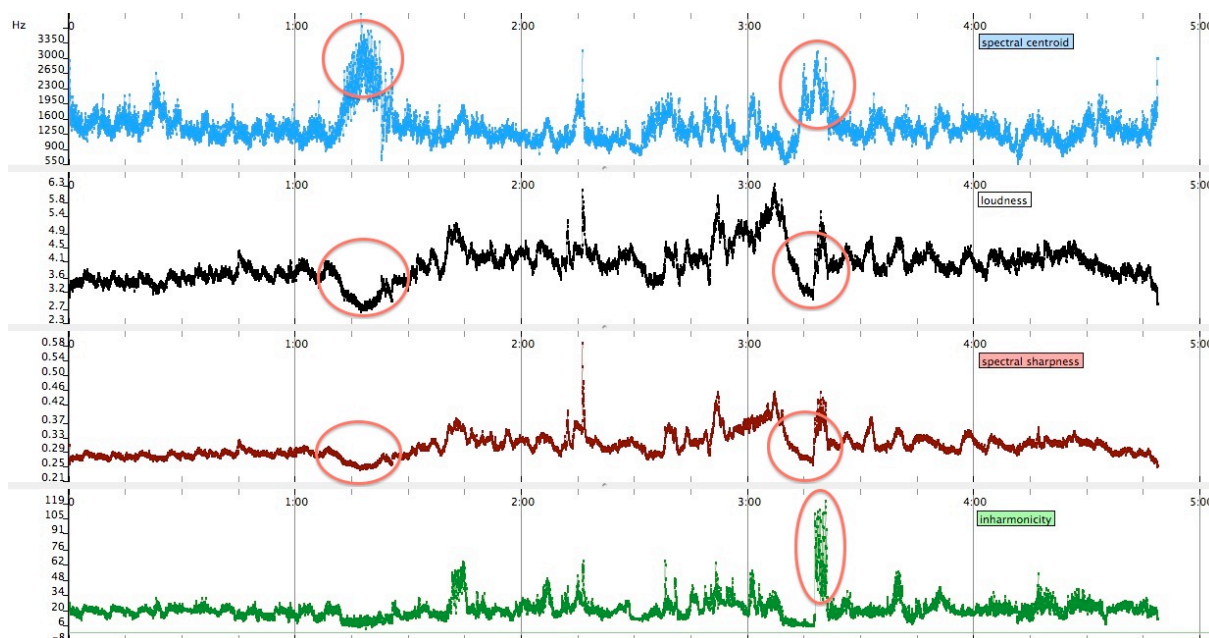


Fig. 62: Descritores centroide, *loudness*, *spectral sharpness* e *inharmonicicity*

Em relação à Fig. 62, nota-se que os contornos dos gráficos apresentam algumas características semelhantes, e outras diferentes. Realçamos com um

⁷⁷ Agradecemos a Didier Guigue e Mikhail Malt pelo auxílio nesta tarefa, no contexto da disciplina “Análise musical e suporte computacional”, cursada em 2013.

círculo em vermelho os pontos que acreditamos ser importantes, pontos que, em relação aos descritores utilizados, podem apresentar informações idênticas ou também opostas. Com o intuito de facilitar nossa análise, estabelecemos uma segmentação formal da obra em três partes: parte A, de 0' a 1'15", parte B, de 1'15" a 3'15", e parte A' (reexposição), de 3'15" até o fim da obra.

Em relação ao centroide⁷⁸, é interessante observar o trecho por volta de 1'15". Aqui temos uma espécie de filtro passa-baixos, em que o acorde inicial é transposto um 9ª menor abaixo (c. 10 a 12). É interessante notar neste trecho que a sensação de brilho do espectro atinge a região de 3.500Hz, apesar de termos, na partitura, a escrita do acorde inicial transposto mais de uma oitava para o grave. Em 2'45" temos o início do momento de maior densidade da peça, no qual ocorre grande variação da percepção do brilho: há picos mais agudos que descendem (c. 26). Entre 3'02" e 3'15" temos um trecho descendente das violas e violoncelos em trêmolo, sonoridade que se destaca da massa tímbrica e conduz a percepção do brilho espectral para a região grave (c. 28 e 29).

Através do descritor de *loudness* podemos acompanhar as sensações de intensidade do som, que são variáveis em relação às diferentes bandas de frequência. Conforme o gráfico, a sensação de intensidade se acentua a partir de 1'15", atingindo seu pico por volta de 3', momento, como já mencionado, de grande densidade orquestral e maior velocidade de variação harmônica. Após este trecho, na medida em que a peça se encaminha para seu final, a sensação de intensidade se assemelha à encontrada no início da obra.

Em relação ao *spectral sharpness*, no trecho entre 1'10" e 1'25", em que tivemos uma grande subida dos valores do centroide, observamos um decréscimo nos valores do *sharpness*⁷⁹. Observamos, portanto, direcionalidades inversas entre

⁷⁸ O centroide é o baricentro do espectro sonoro (PEETERS, 2004, p. 13). É o centro de massa espectral do som, no qual se situa a sensação de brilho do espectro. Através de uma análise detalhada das informações deste descritor, pode-se observar as variações do brilho espectral ao longo do tempo, que sofrem influência de variações, entre outras, de dinâmica, altura, densidade e orquestração, informações estas que são estabelecidas pelo compositor na partitura.

⁷⁹ *Spectral sharpness* determina a sensação de agudeza ou aspereza na percepção do timbre. Esta sensação está relacionada à densidade espectral, no entanto, no sentido inverso daquilo que conhecemos como agradabilidade (*pleasantness*). Ela também depende de outras sensações como *roughness* (a presença de batimentos devido a intervalos dissonantes, como sétimas, nonas e segundas), *loudness* e sensação de tonalidade (harmônicos coincidentes) (FASTL; ZWICKER, 2007, p. 239). A medição do *sharpness* é computada utilizando a escala Bark⁷⁹, uma escala psicoacústica logarítmica proposta pelo próprio Zwicker, em que os valores variam dentro de 24 bandas críticas de audição (valores de 1 a 24). A unidade de medida deste descritor foi denominada *acum*.

estes dois descritores. Entre 3'10" a 3'17", trecho sinalado em vermelho na imagem, há novamente uma caída significativa na medição deste descritor.

Em relação ao descritor de inarmonicidade⁸⁰, encontramos algumas informações distintas comparativamente aos outros descritores. Valores relativamente altos de inarmonicidade estão ligados às notas agudas do oboé e *piccolo*, provavelmente também devido aos transientes encontrados no envelope espectral do som destes instrumentos. Ademais, na medida em que temos um som instrumental que se afasta destas características, apresentando mais componentes que se assemelham espectralmente ao ruído, temos um aumento do grau de inarmonicidade do sinal.

Entre 2'45" e 3', compassos 26 a 29 da obra, há uma tendência de aumento da inarmonicidade, provavelmente pelo aumento da densidade orquestral. Maior quantidade de instrumentos, neste trecho, geram maior quantidade de notas diferentes sendo tocadas e, conseqüentemente, maior divergência quanto aos harmônicos superiores destas notas. É interessante notar, no compasso 32 (3'17" - 3'20") – em que temos ainda sustentados os harmônicos das cordas iniciados no compasso anterior – que este é o momento da peça em que existe maior inarmonicidade. Isto se deve às notas tocadas pelo *piccolo*, em oitavas, numa região bastante aguda. Neste trecho, percebe-se claramente um choque de diferentes timbres que se segregam, tal como ocorre na grande maioria dos outros momentos da peça. O ouvido percebe como timbres completamente distintos os harmônicos das cordas e as notas do *piccolo*.

3.1.5 Resultados obtidos através dos diferentes processos de análise

1) A ideia de *Klangfarbenmelodie* como combinação de vozes que se movimentam, assim definida pelo próprio Schoenberg e apresentada na introdução deste trabalho, seria o mecanismo condutor da melodia de timbres em *Farben*. Para ilustrar este procedimento, se observarmos os compassos 3 a 7 temos a seguinte descrição: do compasso 3 para o 4, o Mi (segunda voz mais aguda) caminha para o

⁸⁰ A descrição da inarmonicidade de um sinal sonoro representa a divergência dos componentes espectrais do sinal analisado em relação a um sinal puramente harmônico (PEETERS, 2004, p. 17). A harmonicidade, qualidade contrária, representaria a convergência do agregado tímbrico em relação aos harmônicos da nota fundamental deste agregado.

Fá; do compasso 4 para o 5, as duas vozes mais agudas (Fá – Lá) realizam movimento contrário em direção a Mi_b – Si_b; entre os compassos 5 e 6, o Si_b (nota mais aguda) desce para o Lá_b, e o Sol_# (segunda nota mais grave) ascende para o Lá. Finalmente, entre os compassos 6 e 7, temos o Si (nota intermediária) movimentando-se para o Dó, e o Lá (atingido neste compasso), indo em direção ao Sol.

2) Uma relação direta entre escalas de cores e sons até hoje não foi comprovada, apesar de muitas tentativas, tais como as experiências acústicas e psicoacústicas de Helmholtz, entre outras. No entanto, em relação à atividade criativa de Schoenberg do início do século XX, enquanto compositor e pintor, fica bastante claro que esta relação estava sendo trabalhada. Exemplos de pinturas como as relacionadas nas Fig. 55 e 56 são bastante ilustrativas no sentido de uma busca por uma transição gradual e contínua de cores, assim como *Farben* é uma busca - em relação ao som - de uma transição gradual e contínua do timbre. Ademais, esta característica da obra de Schoenberg é restrita a um período específico: os primeiros anos do século XX.

3) O procedimento de apresentar diversas transposições do acorde inicial (segundas maiores e menores, terças maiores e menores ascendentes e descendentes) - realizado por Schoenberg nesta peça de sua fase “atonal” - liga-se tanto com a noção de desenvolvimento de uma ideia presente na música tonal, como também é um procedimento recorrente na música dodecafônica (transposição da série). A ideia de apresentar um acorde inicial contendo em si dois semitons cromáticos (Sol_# - Lá, Si - Dó) e as movimentações posteriores das vozes que também formam acordes que contêm semitons cromáticos, demonstram o fio condutor do conceito de melodia de timbres nesta obra. No desenrolar da peça, as notas sensíveis vão sendo resolvidas. Porém, neste processo, novas segundas menores (geradoras de tensão) vão sendo criadas e resolvidas sucessivamente. A resolução final, em que temos a sensação auditiva de um acorde de Lá menor, só ocorre, como apresentado, no último compasso da peça.

4) O croma, descritor da qualidade tonal do timbre, nos demonstra que nesta peça a melodia de timbres apresenta zonas híbridas de percepção, ou seja, os espaços entre os semitons cromáticos se fundem, provocando uma percepção localizada de aglutinação dos intervalos. Em momentos de maior densidade instrumental e maior movimento harmônico (compassos 26 a 29), a percepção do timbre é mais textural: a percepção de alturas isoladas é dificultada devido a um

maior preenchimento do espaço tímbrico, tornando-se menos localizada em pontos de tensão (semitons cromáticos) e mais voltada à qualidade sonora do preenchimento deste espaço.

5) Observando a Fig. 62, as curvas de *sharpness* e *loudness* apresentam uma semelhança de comportamento. Ambas têm um início estável e parte B mais variável, com uma média de valores um patamar acima da parte inicial. Na medida em que se aproxima o fim desta parte, os valores do gráfico ascendem gradualmente até o valor máximo da peça ser atingido. A parte A' inicia-se com valores médios do mesmo nível do começo da parte B, porém, no final, há uma curva decrescente, até ser atingido o mesmo patamar do início da peça. As transições entre as segmentações formais apresentam valores bastante baixos de intensidade sonora e aspereza, ambas em oposição à informação do centroide que, nestes trechos, nos mostra a concentração da percepção do brilho numa região bastante aguda.

Portanto, nesta peça percebe-se que na medida em que se aumenta a quantidade de instrumentos que tocam juntos, e a quantidade de ataques de notas (parte B), obviamente há um acréscimo na percepção da intensidade sonora (*loudness*). A percepção da aspereza (*sharpness*) também sofre um acréscimo justamente por ela ser parcialmente dependente da sensação de *loudness*, mas também pelo fato de neste trecho haver um acréscimo da presença de batimentos (*roughness*) na percepção do agregado tonal (principalmente nos compassos 26 a 29). Aqui, há um *tutti* orquestral, com uma densidade de eventos bastante alta e harmonia bastante complexa. Nossa percepção separa este agregado em diferentes camadas, como madeiras e metais entoando notas na região médio-aguda (sons mais contínuos) e cordas realizando um movimento descendente em trêmolo, em direção ao grave. O aumento dos batimentos decorre do grande cromatismo deste trecho, que produz harmônicos não coincidentes das notas tocadas, dificultando a ocorrência da fusão de timbres por meio desta semelhança.

6) Ampliando as afirmações do final do item anterior, conclui-se que, em *Farben*, a sensação de harmonicidade está relacionada ao grau de fusão de timbres. Trechos em que o gráfico de inarmonicidade (Fig. 62) se mantém relativamente constante são aqueles em que o timbre é percebido como mais homogêneo. Na medida em que temos alguma nota que se destaca perceptivamente das outras, por exemplo o Si 3 tocado pelo oboé (c. 15), a sensação de inarmonicidade aumenta.

Na transição entre as partes, principalmente entre as partes B e A', a sensação de harmonicidade é bastante alta, pois, perceptivamente, temos uma sonoridade bastante límpida e homogênea nestes trechos. Logo a seguir (c. 31), com as entradas do *piccolo*, harpa e celesta tocando notas bastante agudas, em oitavas, há uma clara separação de camadas. Este é outro fator que contribui para o aumento da sensação de inarmonicidade: o prolongamento do acorde límpido do compasso anterior em oposição a sons bastante agudos e estridentes. Este é o momento de maior inarmonicidade da peça.

Considerando as observações acima, concluímos também que a capacidade do nosso ouvido de fundir timbres é relativa. No caso de *Farben*, Schoenberg propõe sua melodia de timbres baseada num acorde que pode ser considerado tonal, dependendo do contexto em que ele é empregado (Fig. 62). Na audição da peça, nosso ouvido detecta alterações e mudanças de densidade, em relação à proposta inicial do compositor. Esta sensação é bastante sutil e depende do destaque individual de algum timbre instrumental, ou de sonoridades muito opostas em relação ao registro das alturas.

3.2 Síntese aditiva: Nona das Dez peças para quinteto de sopros de Ligeti

Aqui, abordaremos a *Nona das Dez peças para quinteto de sopros* de Ligeti (1968)⁸¹, através da perspectiva de que este compositor procurou simular um processo de síntese aditiva através da escrita instrumental. Tal como vimos no Capítulo I, a síntese aditiva é uma operação que visa a formar agregados sonoros através do estabelecimento de uma frequência fundamental à qual são adicionados diversos parciais organizados acima desta frequência. A estrutura deste som dependerá do tipo de onda utilizado, de seus transientes de ataque, da forma de distribuição dos parciais, de suas intensidades e de sua fase, além de outras propriedades emergentes.

As *Dez peças para quinteto de sopros* foram compostas em 1968, momento em que György Ligeti se dedicava exclusivamente à composição

⁸¹ Análise transformada em artigo, publicado nos Anais do XXIV Congresso da ANPPOM. ROSSETTI, Danilo. "Timbre e harmonia na *Nona das Dez peças para quinteto de sopros de Ligeti*". São Paulo: UNESP, 2014.

instrumental. A *Peça nº 9*, um *continuum* sonoro de cerca de um minuto de duração, apresenta uma instrumentação⁸² formada por *piccolo*, oboé e clarinete em Si_♭. Nesta peça há um trabalho específico sobre a composição e percepção do timbre, fato demonstrado logo de início pelos três instrumentos que tocam em uníssono a nota Mi_♭ 5, em *fortissimo*, e a mantêm sustentada por quase oito compassos.

É a partir desta primeira nota, espécie de motor original da peça, que Ligeti desdobra uma série de nove notas em intervalos crescentes, ziguezagueando a partir da nota original, o Mi_♭ 5 tomado como vértice da série, explorando, dessa forma, os batimentos e resultantes espectrais advindas dos choques intervalares tocados pelos sopros em região extrema de suas tessituras. Nos compassos seguintes, as vozes se movimentam em intervalos crescentes e direções opostas, gerando uma maior sensação de rugosidade no agregado sonoro resultante.

Apresentaremos, através de análises da partitura e por descritores de áudio, a ideia de que a composição desta peça foi influenciada principalmente por duas questões: por um lado, a utilização do serialismo como método de composição, e, por outro lado, a transposição para a música instrumental de procedimentos utilizados pela corrente estética da música eletrônica produzida no Estúdio de Colônia⁸³, nos anos 1950, da qual Ligeti participou primeiramente como assistente de Gottfried Michael Koenig e, posteriormente, como compositor.⁸⁴

Sobre o primeiro ponto, a influência do serialismo no método de composição de Ligeti – especialmente aquele desenvolvido por Anton Webern – o abordaremos através de uma análise da partitura da *Peça nº 9*. Sobre o segundo ponto, podemos, desde já, elencar algumas características composicionais gerais das 10 peças que são decorrentes da experiência do compositor com a eletrônica: 1) exploração de diferentes timbres e registros dos instrumentos utilizados; 2) recursos de manipulações texturais que são percebidos como alteração do agregado sonoro resultante (e não como vozes individuais, ou seja, a percepção é deslocada do individual para o geral); 3) trabalho sobre o *continuum* sonoro a partir de uma escritura instrumental desenvolvida especialmente para esta finalidade; 4) sobreposições de diferentes estruturas rítmicas (quíálteras) uma polirritmia que, ao

⁸² Ao longo das dez peças, o compositor utiliza os seguintes instrumentos: flauta, flauta em Sol, *piccolo*, oboé, corne inglês, oboé *d'amore*, clarinete em Si_♭, trompa em Fá e Si_♭ e fagote.

⁸³ Estudos a este respeito foram realizados por SIMURRA, FERRAZ (2010) ; CATANZARO (2005) ; GALLO DIAS (2013).

⁸⁴ No período em que trabalhou no Estúdio de Colônia, Ligeti compôs três obras: *Glissandi* (1957), *Artikulation* (1958) e *Pièce Electronique nº 3* (1958), esta última inacabada.

invés de direcionar o ouvido para o grande número de ataque de notas, desloca nossa percepção para a massa sonora (agregado resultante dessa superposição), que apresenta inúmeros movimentos irregulares no seu interior. Na análise *Peça 9*, faremos referência principalmente aos segundo e terceiro pontos.

Como consequência da análise, discutiremos como Ligeti explora os níveis de batimentos (tal como Xenakis o fez, por exemplo, em *Nomos Alpha*, 1965), crescentes na peça, e quais são artifícios composicionais que Ligeti se utiliza para criar esta sonoridade, além de propomos uma relação entre a manipulação cromática da harmonia e a síntese aditiva. Como referências, nos basearemos em escritos do compositor (LIGETI, 2010 [1980]) e em análises prévias do quinteto de sopros (MORRISON, 1984; FERRAZ, 1998; ZUBEN, 2005). Para a análise do áudio, trabalharemos com o sonograma da peça e com o descritor psicoacústico de rugosidade (*roughness*), a partir das referências de TERHARDT (1974; 1978) e VILLEGAS; COHEN (2008).

3.2.1 Aspectos seriais, temporais e influência de Webern

Na *Peça 9* de seu *Quinteto de Sopros*, Ligeti se utiliza de uma divisão cromática dos doze semitons compreendidos dentro de uma oitava, estabelecendo uma série de nove notas que são apresentadas pelos três instrumentos na mesma sequência (série original), porém com durações diferentes. Na Fig. 63 temos a série e a descrição dos intervalos utilizados.

Apesar de os três instrumentos apresentarem as mesmas notas durante a execução da peça (que dura 17 compassos, no andamento semínima igual a sessenta), devido à defasagem temporal em que estas notas se sucedem, temos a formação de diferentes harmonias (agregados verticais) nas quais o cromatismo é evidente pela superposição dos intervalos. Temos inicialmente o uníssono em Mi₃, logo após segundas menores surgem, e, na medida em que a peça se desenrola, os intervalos vão se alargando e surgindo segundas maiores, terças menores, terças maiores, etc. Na Fig. 64 temos a relação de agregados harmônicos presentes ao longo da peça.

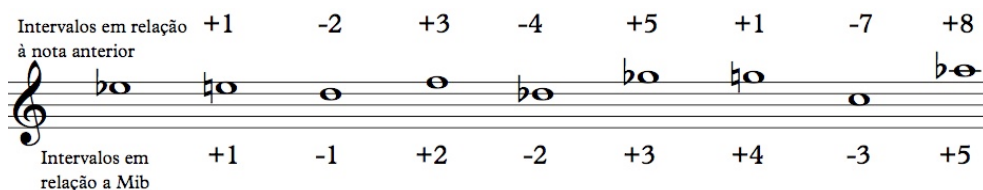


Fig. 63: Série de nove notas criada por Ligeti

Compasso 1 8.1 8.3 9.1 9.3 9.3.5 10.1 10.3 10.4 11.1

Piccolo

Oboé

Clarinete (som real)

Compasso 11.3 11.3.5 12 12.3 13 13.3 13.4 14.2 14.3 15.2

Fig. 64: Harmonia da Peça 9, em relação aos agregados verticais e à condução das vozes

Em relação aos acordes formados (sobreposições de vozes), temos os seguintes intervalos, relacionando todas as notas tocadas pelos três instrumentos:

Cp.	Intervalos	Cp.	Intervalos	Cp.	Intervalos
1	Uníssonos Mi,	10.3	2ªm Fá - Mi com peso sobre Fá	13	2ªM Sol - Fá, 2ªm Fá - Sol,
8.1	2ªm Mi - Mi, com peso sobre Mi,	10.4	2ªA Ré, - Mi, 2ªm Mi - Fá	13.3	Trítone Sol - Ré, 4ªJ Ré, - Sol,
8.3	2ªm Mi - Mi, com peso sobre Mi	11.1	2ªm Ré, - Ré, 3ªm Ré - Fá	13.4	7ªM Dó - Ré, 4ªJ Ré, - Sol,
9.1	2ªm Ré - Mi, 2ªm Mi, - Mi	11.3	Trítone Sol, - Ré, 3ªm Ré - Fá	14.2	7ªM Dó - Ré, Trítone Ré, - Sol
9.3	2ªM Ré - Mi com peso sobre Mi	11.3.5	Trítone Sol, - Ré, 2ªm Ré - Ré,	14.3	Trítone Dó - Sol, 2ªm Sol, - Sol
9.3.5	2ªM Ré - Mi com peso sobre Ré	12	2ªm Sol, - Fá, 3ªM Fá - Ré,	15.2	8ªJ Lá, - Lá,
10.1	2ªm Fá - Mi, 2ªm Mi - Ré	12.3	2ªM Sol - Fá, 3ªM Fá - Ré,		

Tab 4: Relação de intervalos formados pela sobreposição e movimento das vozes na Peça 9 de Ligeti

Os procedimentos seriais adotados por Ligeti se assemelham aos procedimentos adotados por Webern, principalmente nas suas peças dodecafônicas.

Numa afirmação referente à linguagem composicional de Webern, Ligeti ressalta a utilização de sons vizinhos nos grupos de notas da série, gerando tensões internas de sétimas maiores e nonas menores (além das segundas maiores e menores que encontramos na harmonia da *Peça 9*):

Os elementos de base da composição (de Webern) não são as séries inteiras mas grupos de notas menores que são transpostos e permutados de diversas maneiras (...) Harmonicamente estes grupos são concebidos de tal maneira que ao menos duas de suas notas são vizinhas, assim elas podem ser utilizadas na composição para construir tensões típicas de sétima maior e de nona menor⁸⁵ (LIGETI, “Aspect du langage musicale de Webern”, In: LIGETI, 2010 [1970], p. 47, tradução nossa).

Além deste ponto, na medida em que é apresentada, encontramos na série elaborada por Ligeti um espelhamento crescente de intervalos. Observemos na Fig. 64 que após a primeira nota Mi_♭, a segunda e a terceira (Mi e Ré) são notas um semitom acima e abaixo da primeira nota; a quarta e quinta notas (Fá e Ré_♭) são intervalos de um tom acima e abaixo do Mi_♭. Esta simetria é quebrada em parte, já que os intervalos espelhados de terça menor a partir do Mi_♭ são a sexta e oitava notas da série (Sol_♭ e Dó). O Sol, sétima nota, está uma terça maior acima do Mi_♭, e o Lá_♭, nona nota, está uma quarta justa acima.

Outra questão apontada por Ligeti sobre o pensamento composicional de Webern é a transposição das simetrias da dimensão horizontal (construção radial da série) para a dimensão vertical (construção de acordes) (LIGETI, *Op. Cit.*, p. 59), numa espécie de espelhamento entre as duas. Este procedimento pode ser encontrado na *Peça 9* de maneira bastante semelhante: na dimensão vertical, temos o deslocamento gradual do uníssono para uma ordem de intervalos crescente das notas que compõem os acordes, tal como podemos observar na Fig. 64 e na Tab. 4 (segunda menor, segunda maior, terça menor, terça maior, quarta justa, quarta aumentada, etc.). Além da harmonia apresentada, a partir do compasso oito, devido à defasagem de movimentação das vozes, efeitos acústicos como sons diferenciais⁸⁶ podem ocorrer durante a escuta da peça. Estes sons seriam resultado da subtração dos valores, em *Hertz*, das frequências das notas tocadas ao mesmo

⁸⁵ Les éléments de base de la composition ne sont pas les séries entières mais les groupes de notes plus petits, qui sont transposés et permutés de diverses manières (...) Harmoniquement, ces groupes sont conçus de telle manière qu'au moins deux de leur notes sont voisines ; ainsi ils peuvent être utilisés dans la composition pour construire les tensions typiques de septième majeure et de neuvième mineure (LIGETI, Aspect du langage musicale de Webern, In LIGETI, 2010, p. 47).

⁸⁶ Para uma análise sobre os sons diferenciais na *Peça 9* de Ligeti, Cf. ZUBEN, 2005, p. 134 - 135.

tempo. Neste contexto, os sons diferenciais que podem ocorrer são sempre mais graves do que as notas efetivamente tocadas.

Apresentamos também a duração em compassos de todas as notas da série tocadas por cada instrumento, dado que é variável. É justamente este fator que permite o surgimento de uma maior quantidade de harmonias, resultado das combinações das nove notas da série. Para o cálculo das durações, utilizamos a menor figura de tempo aplicada a cada voz. No *piccolo*, a menor figura é a semicolcheia, ou seja, há dezesseis semicolcheias no compasso 4/4, e o valor absoluto de cada uma é 0,0625. No oboé, a menor figura é a quintina de semicolcheia (totalizando 20 unidades dentro de um compasso), e o valor absoluto desta quintina é 0,05. No clarinete, a menor figura é a semicolcheia, decorrente da subdivisão da tercina de colcheia, ou seja, há 24 semicolcheias neste contexto, num compasso 4/4, e o seu valor absoluto é 0,0417 (o arredondamento utilizado na Tab. 5 foi de duas casas decimais). Observamos que há durações que se repetem como a segunda, terceira e sexta notas da série apresentadas pelo *piccolo* e a sexta nota apresentada pelo oboé (0,94 compasso). Nota-se também que a sétima, oitava e nona notas apresentadas pelo *piccolo* têm duração semelhante à quarta nota tocada pelo oboé e à nona nota tocada pelo clarinete (1,44 e 1,5 compasso). Na apresentação da série pelo clarinete vemos que a segunda e sétima notas têm duração igual (1,08 compasso), assim como a quarta e quinta notas (1,17 compasso).

Nota/ instrumento	Mi, 0	Mi +1	Ré -1	Fá +2	Ré, -2	Sol, +3	Sol +4	Dó -3	Lá, +5
<i>piccolo</i>	7,94	0,94	0,94	0,94	0,69	0,94	1,44	1,44	1,5
oboé	9,4	1,65	0,8	1,55	0,7	0,95	-	-	-
clarinete	8,46	1,08	0,83	1,17	1,17	1,21	1,08	-	1,5

Tab 5: Duração em compassos das notas da série tocadas pelos 3 instrumentos (valores absolutos) na *Peça 9*

3.2.2 Percepção do timbre

Em nossa análise, consideramos a percepção do timbre como decorrente tanto da instrumentação utilizada como também da harmonia elaborada pelo compositor, da mesma forma que em relação à *Farben* Op. 16 nº 3 de Schoenberg, analisada no item anterior. Esta harmonia apresenta uma evolução gradual do

uníssono em Mi₅ (consonância perfeita) para uma harmonia com maior presença de batimentos e maior rugosidade.

A fim de obter diferentes informações a respeito do timbre e harmonia, apresentamos o sonograma da *Peça 9 (Sonic Visualiser)*, uma representação gráfica do áudio da peça (sonograma), juntamente com a representação da evolução temporal do descritor de *rugosidade* do espectro sonoro (*roughness*), realizado com o auxílio dos programas *PureData* e *Open Music*, através da construção de um *patch* derivado de VILLEGAS e COHEN (2008).

A definição de *rugosidade* seria a correlação subjetiva dos batimentos rápidos decorrentes da superposição de duas ou mais notas musicais, considerando suas frequências fundamentais e parciais superiores. Ressaltamos que, dentro de um contexto psicoacústico, a sensação de consonância (ausência da percepção de rugosidade) não pode ser avaliada em relação aos intervalos musicais (TERHARDT, 1974, pp. 1060 - 1064). Em termos composicionais e de percepção, um aumento do índice de rugosidade, indica que há maior probabilidade da presença de diferentes intervalos próximos entre si, havendo o preenchimento do espaço harmônico/espectral interno do som por parciais bastante próximos uns dos outros.

No sonograma a seguir (Fig. 65), podemos observar com clareza a presença das notas fundamentais e parciais correspondentes às notas tocadas pelos instrumentistas, representados pelas linhas mais escuras. Nesta representação também podemos observar a influência dos procedimentos da música eletrônica na composição instrumental de Ligeti, principalmente em relação à manipulação do *continuum* sonoro. Até cerca de 22", tempo que os instrumentos tocam o uníssono em Mi₅, nota-se que o som resultante possui parciais espaçados de maneira semelhante, correspondentes à série harmônica da nota tocada.

No entanto, na medida em que as vozes se movimentam, notamos que o som começa a se configurar internamente de maneira mais complexa. Através das movimentações de segundas, terças e outros intervalos, novos parciais surgem e preenchem o “vazio” espectral referente à entoação do uníssono. O espectro sonoro, por esta razão, torna-se mais denso e a distribuição dos parciais mais complexa, além de observarmos um aumento do índice de rugosidade. É interessante notar que estas transformações ocorrem de maneira contínua, sem interrupções no fluxo sonoro: novos parciais surgem e desaparecem numa evolução gradual da massa sonora. Temos apenas uma interrupção neste fluxo: o momento em que *piccolo* e

clarinete respiram para atacar as notas finais, Lá, 6 e 7, em intervalo de oitava, esvaziando novamente a configuração interna do som, tal como no início da peça.

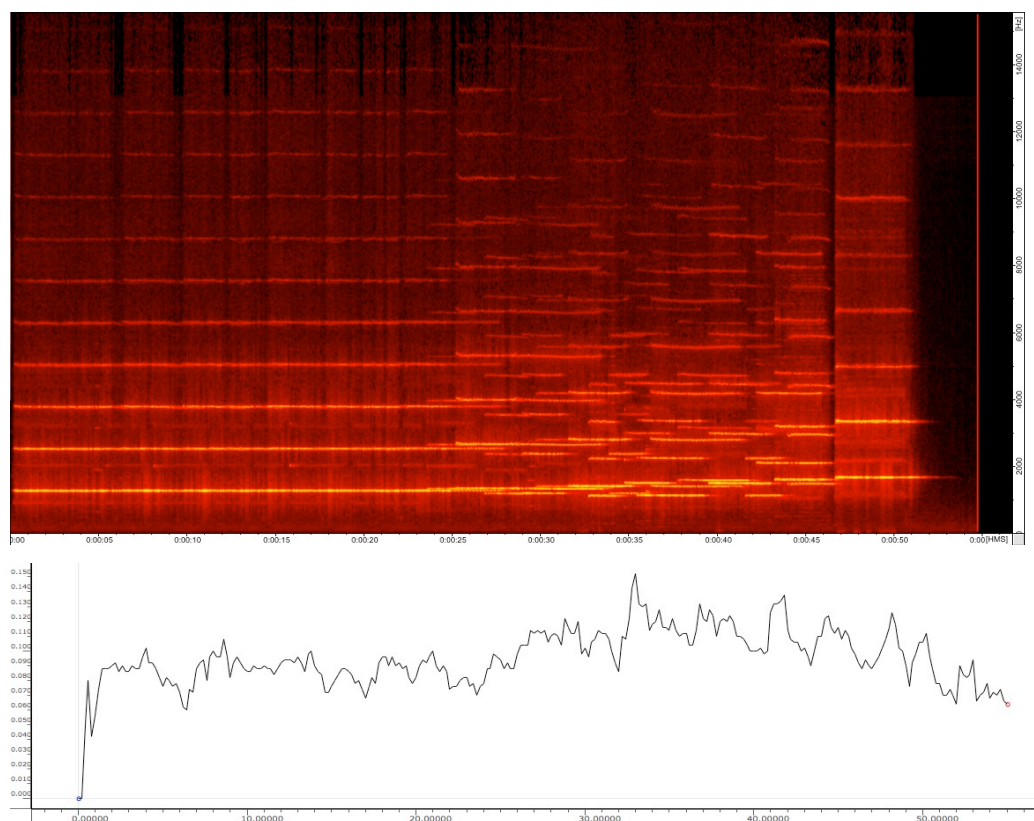


Fig. 65: Sonograma da *Peça 9* e índice de rugosidade (evolução temporal da quantidade de batimentos)

As informações do gráfico do índice de rugosidade, também na Fig. 65, reafirmam a leitura do sonograma. Durante o uníssono, a sensação de rugosidade é relativamente estável, porém, na medida em que novos intervalos aparecem (a partir de 22"), o espectro se torna mais denso devido à ocorrência de novos parciais que geram batimentos internos perceptíveis na escuta deste som. Como decorrência deste fenômeno, o valor medido da rugosidade cresce, apresentando os maiores valores em 33", 37" e 42", momentos em que os intervalos tocados correspondem a segundas (menores e maiores) e trítonos. Referindo-se à sua técnica composicional de construção do timbre, Ligeti faz os seguintes comentários, reafirmando os procedimentos de manipulação interna do som:

Utilizando diferentes graus de intensidade para cada nota e cada som, integrando diferentes sons complexos harmônicos, subharmônicos e inarmônicos numa sequência de sons senoidais, é possível estabelecer uma falsa polifonia no interior de uma monodia, graças às ligações

melódicas superiores (...) Superpondo um pequeno número de vozes numa falsa polifonia, nós obtemos tecidos sonoros complexos nos quais o modelo de tecelagem se encontra em perpétua transformação⁸⁷ (LIGETI, “Musique et Technique: Expériences personnelles et considérations subjectives”, In: LIGETI, 2010 [1980], p. 175 - 176, tradução nossa).

3.2.3. Relação entre procedimentos composicionais eletrônicos e instrumentais

É interessante notar a semelhança entre os métodos de composição do timbre utilizados no Estúdio de Colônia nos anos 1950, cuja linha estética adotada determinava a utilização da síntese aditiva a partir da sobreposição de sons senoidais, e a leitura do sonograma apresentado na Fig. 65. Quando temos o uníssono entoado pelos três instrumentos, ocorre apenas o reforço de intensidade da mesma nota fundamental e dos parciais da série harmônica do Mi, 5; quando temos o movimento cromático das vozes, novas notas fundamentais e parciais vão surgindo, tal como se adicionássemos sinteticamente novos parciais ao *continuum* sonoro, a partir da geração de novas frequências.

Neste contexto, ressaltamos a relação entre a utilização de intervalos harmônicos dissonantes na escrita instrumental e o aumento da densidade e complexidade do espectro sonoro resultante, assim como o aumento dos valores da rugosidade do espectro, devido à maior quantidade de parciais no interior do som, mais próximos uns dos outros. Sobre a técnica de síntese aditiva, este procedimento era realizado constantemente por Ligeti no seu trabalho em estúdio (e também por outros compositores), trabalho este que operava sobre o estiramento temporal dos sons, sempre estabelecendo um grande *continuum*. Parciais eram adicionados e retirados do agregado sonoro com o intuito de criar uma polifonia interna na trama do som, operando sobre os limites de percepção do ouvinte.

Ainda sobre a síntese aditiva, os batimentos internos e a proximidade das notas e de seus parciais fazem surgir novos intervalos perceptíveis dentro da trama interna do som, resultado da combinação espectral das notas tocadas. Sobre este

⁸⁷ En utilisant différents degrés d'intensité pour chaque note et chaque son, en intégrant différents sons complexes harmoniques, subharmoniques et inharmoniques dans une suite de sons sinusoïdaux, il est possible d'établir une fausse polyphonie à l'intérieur d'une monodie, grâce à des liens mélodiques supérieurs (...) En superposant un petit nombre de voix en une fausse polyphonie, on obtient des tissus sonores complexes dont le modèle de tissage se trouve en perpétuelle transformation (LIGETI, “Musique et Technique: Expériences personnelles et considérations subjectives”, In LIGETI, 2010 [1980], p. 175 - 176).

procedimento, ressaltamos o trecho entre 39” e 41” (trecho este em que o índice de rugosidade apresenta valor elevado), no qual, através do sonograma, nota-se a existência de ao menos doze frequências diferentes que correspondem à altura das doze notas musicais que contemplam o total cromático. O âmbito em que estas frequências se enquadram é o intervalo de três oitavas e uma terça menor (Ré₅ - Mi₈): Ré₅, Fá₅, Sol₅, Lá₅, Dó₆, Ré₆, Lá₆, Si₆, Si₇, Mi₇, Mi₈.

Realizamos um experimento no programa *PureData* em que tentamos simular a forma de onda e os sons diferenciais resultantes da somatória dos sons produzidos pelo *piccolo*, oboé e clarinete em Si₆ nesta peça. Para tanto, imaginamos um processo de síntese aditiva formado pela somatória de três osciladores senoidais, técnica de síntese utilizada no Estúdio de Colônia nos anos 1950, local no qual Ligeti trabalhou por um período de alguns anos.

Em nosso *patch*, é possível estabelecer a frequência dos três osciladores senoidais, informando, diretamente, o valor frequencial ou o número MIDI correspondente à altura desejada, além da possibilidade de definir a intensidade relativa aos três osciladores. A forma de onda resultante da síntese aditiva, em uma representação Tempo X Intensidade, é visualizada graficamente no gráfico denominado *áudio*. Após os três valores de frequência serem informados, o *patch* calcula os três sons diferenciais resultantes: F1 - F2, F2 - F3 e F1 - F3. Os valores destas frequências também são mostrados, assim como o gráfico da forma de onda resultante da somatória dos três sons diferenciais (*diferenciais*).

Através deste *patch*, podemos gerar três frequências com os valores que desejarmos, também obtendo, da mesma forma, os sons diferenciais resultantes destas frequências. Assim, poderíamos obter as formas de onda e os sons diferenciais relativos a todas as combinações de alturas manejadas pelo compositor na *Peça 9*, através de sua estratégia serial, combinações estas listadas na Tab. 4. A fim de obter uma sonoridade resultante mais próxima da realidade, definimos que a intensidade dos três osciladores senoidais seria mais elevada que a sonoridade dos sons diferenciais, sons que perceptivamente criam uma espécie de sombra no complexo sonoro audível.

Na Fig. 67 podemos visualizar o *patch*. Como exemplo, os valores atribuídos correspondem às frequências das notas presentes nos dois primeiros tempos do compasso 10 da *Peça 9* (Fig. 66): o *piccolo* executa Fá₆ (1396,9Hz), o oboé executa Mi₆ (1318,5Hz) e o clarinete executa Ré₆ (1174,6Hz). Por sua vez,

os sons diferenciais obtidos a partir destas três frequências são 78,4Hz (Ré# 2 alto), 222,5Hz (Lá 3 alto), e 143,91Hz (Ré 3 baixo). Abaixo, reproduzimos o trecho da partitura de Ligeti correspondente à esta passagem (partitura transposta).

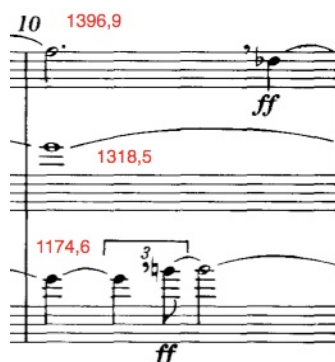


Fig. 66: Compasso 10 da *Peça 9* de Ligeti

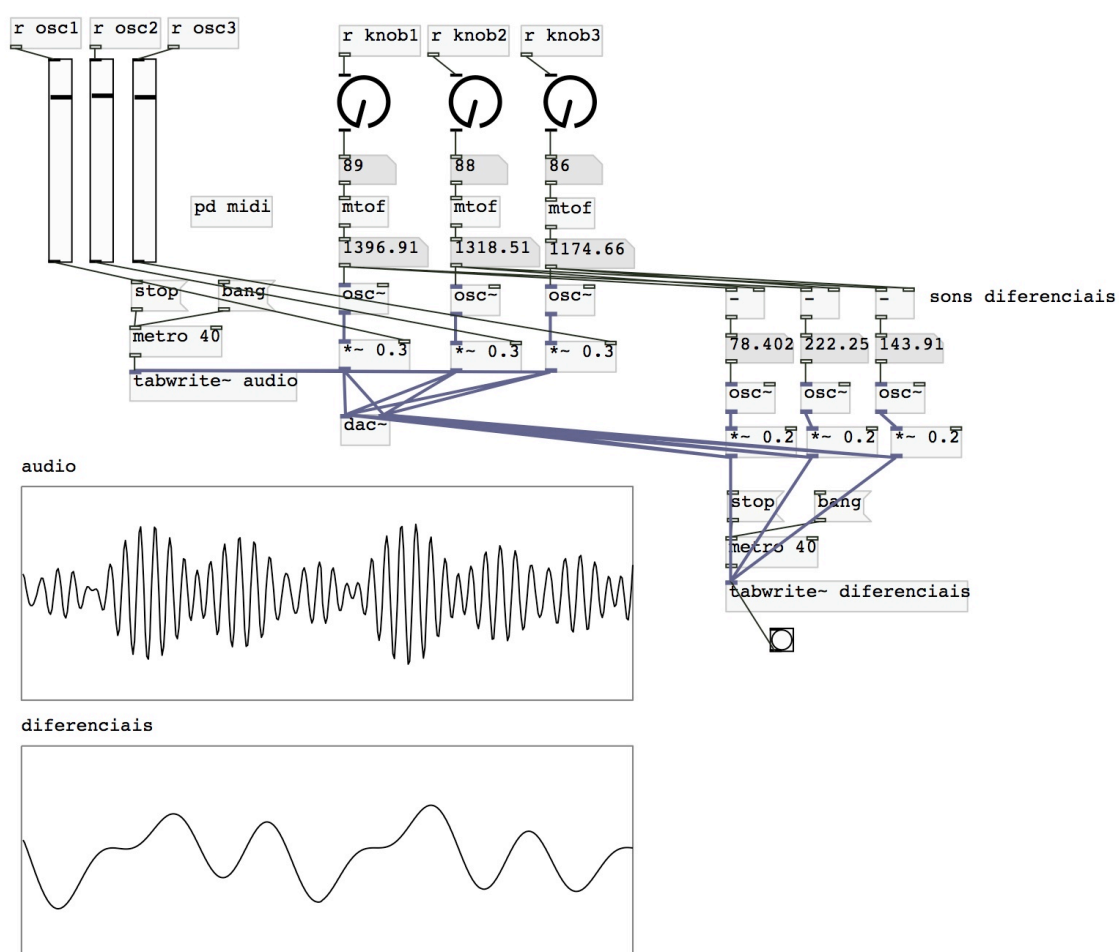


Fig. 67: *Patch* de síntese aditiva de sons senoidais em *PureData* e os respectivos sons diferenciais

3.3 Modulação em anel: *Treize couleurs du soleil couchant* de Murail

Como exemplo da aplicação da técnica de modulação em anel no contexto da música instrumental acústica, tal como um processo de síntese instrumental, abordaremos algumas características do processo composicional de *Treize couleurs du soleil couchant* (1978), de Tristan Murail, compositor pertencente à corrente do espectralismo francês. Antes de adentrarmos os aspectos puramente técnicos deste processo, discutiremos algumas atribuições estéticas do espectralismo, afirmadas pelo próprio Murail, que fundamentarão outras considerações que faremos a respeito da obra.

3.3.1 *Processus*

A música espectral, no geral, tem como característica um trabalho sobre as transformações do timbre musical no tempo, um processo sempre contínuo. Significa um trabalho sobre as qualidades sonoras através do emprego de um *processo* (*processus*), termo que explicaremos mais adiante, a fim de extrair uma dinâmica da matéria sonora. O desenvolvimento de ferramentas computacionais, nos anos 1970, facilitou o aprofundamento das técnicas da composição espectral, pois elas permitiram uma composição diretamente sobre o processo, além de técnicas de modelização do som.

De acordo com Murail, uma propriedade central das estruturas espectrais é que elas podem, de acordo com a situação, produzir timbre ou harmonia, sem que haja nem conflito nem redundância (MURAIL, 1989, p. 149). Desta feita, através desta afirmação, fica claro, dentro da nossa abordagem, que o pensamento musical espectral se situa dentro do paradigma ondulatório, nos termos da construção do timbre, da harmonia e do pensamento do contínuo sonoro.

Murail, em seu artigo de 1989, também procurou definir as principais características do universo espectral (*Op. Cit.*, p. 151):

- Pensar o contínuo antes de pensar o discreto (corolário : saber que tudo está ligado)
- Ter uma abordagem global e não sequencial ou celular;

- Usar procedimentos de organização do tipo logarítmico/exponencial, e não linear;
- Não construir de maneira combinatória, mas funcional;
- Sempre estar consciente da relação entre a concepção e a percepção.

No processo de composição espectral, o espectro pode aparecer de diversas formas: melodia, harmonia, timbre, ou mesmo, ritmo (*Op. Cit.*, p. 152). Aqui podemos perceber uma menção à morfologia do tempo musical de Stockhausen, considerando esta proposição de relação entre alturas e ritmo. Isto quer dizer que o espectro proporciona muitas possibilidades de diferentes processos composicionais, sob a forma de uma rede de relações, além de um campo metafórico para o pensamento criativo. De certa maneira, o espectro pode ser considerado como frequência (altura) ou tempo (durações), contendo estas duas informações. Ademais, o envelope dinâmico do som somente pode existir através de sua evolução temporal.

As durações numa composição espectral são tratadas de maneira similar às alturas, a partir de algoritmos de processo. Na música de Murail, as durações são quase sempre ligadas entre si por funções: uma microduração, a duração de um episódio, ou de um processo inteiro. Todas as durações individuais têm uma repercussão na forma global, bem como podem ter reflexo sobre outras dimensões do discurso, tais como aspectos melódicos, progressões espectrais, etc. (Murail, *Op. Cit.*, p. 153). O objetivo do pensamento espectral é sempre ligar diferentes aspectos do material musical sobre os quais o compositor trabalha. Novamente aqui reforça-se o pensamento musical sobre o contínuo e sobre o ondulatório.

A respeito da composição sobre o processo, Murail afirma que se trata de uma composição sobre espectros harmônicos ou espectros derivados de processos de modulações em anel ou de frequência, ou mesmo provenientes de distorções harmônicas, as quais são regidas por modelos matemáticos relativamente simples.

Pode-se imaginar processos de modificação de parâmetros ou modelos, que criam fluxos harmônicos, ou quantidades de imagens espectrais diferentes, assim como o cinema quantifica o movimento. Algoritmos semelhantes podem facilmente reger todos os outros aspectos do discurso musical. As noções de funções ou de processo são bastante vizinhas, e podem então se reagrupar sob a noção de algoritmo. Os mesmos procedimentos servem também para reger o horizontal e o vertical, o sucessivo e o simultâneo. As configurações de partida e de chegada, embora muito características do fato de seu modo de gênese, serão rapidamente esquecidas, em detrimento da ênfase colocada sobre o processo de mudança e da infinidade de situações novas capazes de serem criadas. Parece-me que este é um ponto muitas vezes mal compreendido,

mas essencial na definição do método espectral⁸⁸ (MURAIL, *Op. Cit.*, p. 156, tradução nossa).

3.3.2 Síntese instrumental e processos composicionais

Treize couleurs du soleil couchant (1978) é uma obra para conjunto instrumental e eletrônica *ad libitum*, cuja instrumentação é composta por flauta, clarinete em Si_b, violino, violoncelo e piano. De acordo com o compositor, esta é uma obra extremamente calculada, sendo que as treze cores correspondem a treze intervalos de alturas que geram os processos de modelização. Estes intervalos são trabalhados de maneira a produzirem diferentes modos de encadeamento, a partir do procedimento de modulação em anel, importado da música eletroacústica.

Nas notas presentes no CD que contém a gravação da obra (MURAIL, 1995), o compositor explica que as treze cores (termo metaforicamente empregado para designar os intervalos musicais geradores da modulação em anel instrumental e suas respectivas sessões ao longo da obra) que aparecem após uma sessão introdutória baseada no intervalo de uníssono, são majoritariamente expressadas pela flauta e pelo clarinete. Elas se organizam a partir de uma curva que parte de um nível médio (claridade média) em direção a um máximo de luz (intervalos fechados no extremo agudo, sexta cor), e descendem novamente até o último intervalo. Nesse sentido, percebe-se uma organização das cores em uma forma de espelho. A seguir na Fig. 68 apresentamos os treze intervalos utilizados por Murail como geradores dos processos desenvolvidos nas treze partes da peça.



Fig. 68: Treze intervalos geradores dos processos de modulação em anel (MURAIL, *Op. Cit.*, p. 166)

⁸⁸ On peut imaginer des processus de modification des paramètres des modèles, qui créeront des flux harmoniques, ou des quantités d'images spectrales différentes, ainsi que le cinéma quantifie le mouvement. Des semblables algorithmes peuvent facilement régir tous les autres aspects du discours musical. Les notions des fonctions ou de processus sont très voisines, et peuvent donc se regrouper sous la notion de algorithme. Les mêmes procédures servent aussi à régir l'horizontal et le vertical, le successif et le simultané. Les configurations de départ et d'arrivée, bien que très caractéristiques du fait de leurs modes de genèse, seront vite oubliées, au profit de l'accent mis sur le processus de changement et de l'infinité de situations nouvelles qu'il est en mesure de créer. Il me semble que c'est là un point parfois mal compris, mais essentiel dans la définition de la méthode spectrale (*Op. Cit.*, p. 156).

Fornecemos também uma tabela com as frequências correspondentes aos intervalos apresentados, além das frequências que se derivam do processo de modulação em anel, em cuja determinação das alturas pode ter havido alguma aproximação. Na Fig. 69 temos três exemplos desse processo de modulação em anel realizado em *Treize couleurs*. No exemplo 1d produz-se a modulação em anel entre o Sol 5 1/4 de tom acima e o Mi₄, obtendo-se as novas frequências Si 4 e Mi 6. Na Tab. 6 apresentamos a instrumentação e o valor, em *Hertz*, de todas as frequências envolvidas nos 13 processos de modulação em anel, bem como as frequências e as alturas geradas pela adição e subtração destas frequências.

The figure consists of three musical staves, numbered 1, 2, and 3, illustrating ring modulation. Each staff shows a sequence of notes and rests, with various instrument markings and handwritten annotations.

- Staff 1:** Shows a sequence of notes labeled 'a', 'b', 'c', 'd'. Above the staff, there are markings: 'cl' (clarinet), 'Vc asp' (viola), 'cl (multiphonique)', 'Vn' (violin), and 'cordes' (strings). There are also arrows indicating transitions between notes.
- Staff 2:** Shows a sequence of notes labeled 'a', 'b', 'c', 'd'. Above the staff, there are markings: 'Fl' (flute), 'cl' (clarinet), 'Vn' (violin), 'Vc' (viola), and 'Piano'. There are also arrows indicating transitions between notes. Handwritten numbers '784' and '454' are visible above the staff.
- Staff 3:** Shows a sequence of notes labeled 'a', 'b', 'c'. Above the staff, there are markings: 'Fl & cl' (flute and clarinet), 'Vc' (viola), and '(Fl & cl)'. There are also arrows indicating transitions between notes.

Fig. 69: Exemplos de modulação em anel das três primeiras cores da obra (MURAIL, 1989, p. 167)

A partir das frequências inferiores e superiores dos intervalos, Murail calcula a frequência média de cada cor, as somando e dividindo por 2. A duração de cada cor (que indica a segmentação formal da peça) é apresentada em segundos. Ainda, dentro de cada cor, existem subdivisões formais, representadas por letras (que, dependendo da sessão, podem ir de A até H). O compositor também informa a pulsação média de cada cor, em segundos. Estas informações são estatísticas, e indicam que as direções dos processos são sempre controladas por curvas logarítmicas similares. A seguir, na Fig. 70, apresentamos a frequência média,

duração das sessões e pulsação média de cada uma das treze “cores” que segmentam formalmente a obra.

Cor	Freq. Sup./ instrumento	Freq. Inf./ Instrumento	Adição Freq. (Hz) altura	Subtração Freq. (Hz)/altura
1	784/cl	311,12/cl	1095,12/Do \sharp	472,88/La \sharp 4
2	493,88/fl	311,12/cl	805/Sol \flat 5	182,76/Fa \sharp 3
3	1046,5/fl/cl	493,88/fl/cl	1540,38/Fa \sharp 6	552,62/Do \sharp 4
4	1480/fl/cl	784/fl/cl	2264/Do \sharp 7	696/Fa5
5	1661,22/p	1174,66/cl	2835,88/Fa \sharp 7	486,56/La \sharp 4
6	1864,66/fl/cl	1568/fl/cl	3432,66/Sol \sharp 7	296,66/Re4
7	1523,34/cl	1046,5/fl	2569,84/Re \sharp 7	476,84/La \sharp 4
8	880/cl	493,88/fl	1373,88/Mi \flat 6	386,12/Fa \sharp 4
9	659,26/fl/cl	392/fl/cl	1051,26/Do \flat 5	267,26/Do \flat 4
10	427,47/fl	233,08/cl	660,55/Mi5	194,39/Sol \flat 3
11	233,08/cl	92,5/p	325,58/Mi \flat 4	140,58/Do \sharp 3
12	233,08/cl	38,89/p	271,97/Do \flat 4	194,19/ Sol \flat 3
13	92,5/p	38,89/p	130,94/Dó3	53,61/Sol \sharp 1

Tab 6: Frequências dos treze intervalos, instrumentação e resultado da modulação em anel em *Treize couleurs*

"couleurs"	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
fréquence moyenne (hz)	311	402	770	1132	1418	1751	1285	687	526	330	163	136	66
durée des sections (sec)	66	53	41	33	27	24	26	32	40	50	69	83	113
pulsation moyenne (sec)	17	6	2,7	0,9	0,4	0,18	0,3	0,55	1	1,65	2,85	4,8	6

Fig. 70: Valores obtidos por algoritmos do processo de composição de *Treize couleurs* (MURAIL, Op. Cít., p. 167)

A partir destas informações, concluímos que existe um tipo de procedimento para a organização das treze cores da obra, em relação a cada duração. A forma da peça foi pensada de maneira que as cores com duração mais curta se encontram no trecho médio duração total da obra, enquanto que as cores com duração mais lenta situam-se mais próximas do início e do fim da obra. De certa maneira, as cores mais rápidas são envolvidas pelas mais lentas, tal como uma espiral. A cor 6 é a mais rápida (24''), seguida pela cor 7 (26'') e antecedida pela cor 5 (27''). Sequencialmente, mantendo a mesma lógica, há a cor 8 (32''), que está relacionada à cor 4 (33''). A seguir, temos a cor 9 (40'') relacionada à cor 3 (41''), a cor 10 (50'') relacionada à cor 2 (53''), e a cor 11 (69'') relacionada à cor 1 (66''). Para quebrar a previsibilidade, as cores com maior duração foram deixadas

para o final da obra (cores 12 e 13), que têm uma duração respectiva de 83” e 113”. A introdução dura 77”.

As cores de duração mais curta (6, 7 e 5) correspondem às frequências médias mais altas (Fig. 70), indicando que existe uma relação entre as durações em segundos e a velocidade de oscilação das frequências audíveis (alturas). O mesmo procedimento é encontrado nas cores com maior duração, as quais possuem as frequências médias mais baixas (cores 12 e 13, por exemplo). Percebe-se também que as cores próximas à metade da duração total da obra têm uma densidade de eventos maior, sendo que o contrário acontece nas cores do início e do fim da obra, onde os sons são mais distendidos temporalmente. Nestes casos, observa-se que a escuta se volta para as microestruturas do interior do som.

3.3.3 Isomorfismo entre alturas e durações

Como exemplo de um isomorfismo entre alturas e durações, trazemos o trecho da partitura da obra, referente ao momento de transição entre as cores 6 e 7 (Fig. 71). Na cor 6, há uma aceleração do andamento e da velocidade das figuras melódicas executadas pela flauta (*piccolo*), clarinete e piano em uma região bastante aguda, aceleração que chega a seu ápice na cor 7, início de um grande *ralentando*. Perceptivamente, temos um estiramento temporal dos objetos sonoros que vinham se contraindo anteriormente. Através deste alargamento, temos uma espécie de dissolução da tensão construída. No sonograma referente à esta passagem (Fig. 71), vemos graficamente a tensão proposta pela presença de figurações intermitentes na região aguda (em ao menos três camadas), e, logo após, um alargamento destas figuras com a presença de um tempo aparentemente mais liso.

Como exemplo contrastante (Fig. 72), trazemos um trecho do final da obra, a transição entre as cores 12 e 13, trecho este em que as durações são extremamente alargadas (com o intuito de guiar o ouvinte para uma percepção da morfologia interna do som), além das alturas entoadas pelos instrumentos serem bastante graves. Nesta transição, temos a evocação de uma sonoridade ruidosa por parte do violino, através da utilização do efeito *écrasé*, no qual o arco pressiona as cordas do instrumento com grande intensidade. A entrada da cor 13 se dá a partir da execução, pelo piano, do intervalo gerador desta cor (Ré# 0 e Fá# 1; 38,89 e 92,5Hz). Este intervalo aparecerá periodicamente, como um impulso para o movimento

interno dos parciais e transientes gerados pelo piano e pelos outros instrumentos, os quais “sombreiam” o intervalo gerador com outras figurações e parciais harmônicos e inarmônicos que enriquecem a sonoridade resultante. Este impulso periódico dado pelo piano se alarga temporalmente, permitindo que novos intervalos e “sombas” (sons diferenciais) sejam executados pelos outros instrumentos, efeitos estes que caminham em direção a regiões mais agudas.

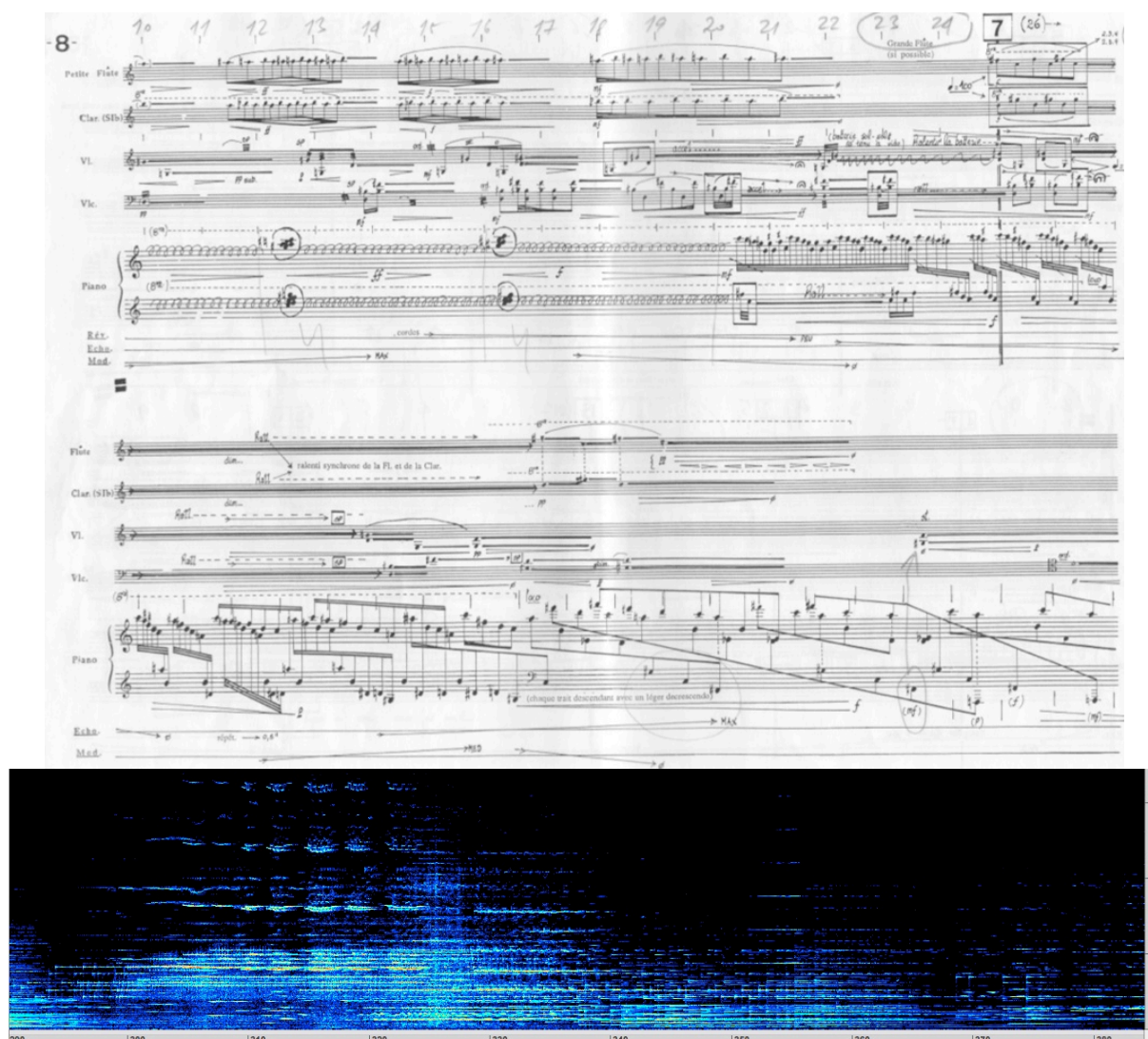


Fig. 71: Partitura e sonograma da transição entre os momentos 6 e 7 de *Treize couleurs*

Treize couleurs du soleil couchant, de fato, é uma obra consideravelmente planejada quanto à estruturação de sua forma, que é baseada nos treze intervalos utilizados. A partir da frequência correspondente às notas dos intervalos, são geradas novas frequências, através de uma utilização teórica do procedimento técnico de modulação em anel dentro da música instrumental configurando, desta

forma, o processo tecnomórfico de síntese instrumental. Os intervalos escolhidos (cores) ainda servem como base para a estruturação rítmica e a segmentação formal, no caso do estabelecimento das pulsações médias e da duração das treze sessões da peça, através de curvas logarítmicas semelhantes que controlam estes parâmetros. Portanto, encontramos nesta obra de Murail, o pensamento de um contínuo que visa a unificar alturas e durações (ritmo e segmentação formal). Dentro do nosso arcabouço teórico, este seria essencialmente um pensamento do som fundamentado na concepção ondulatória.

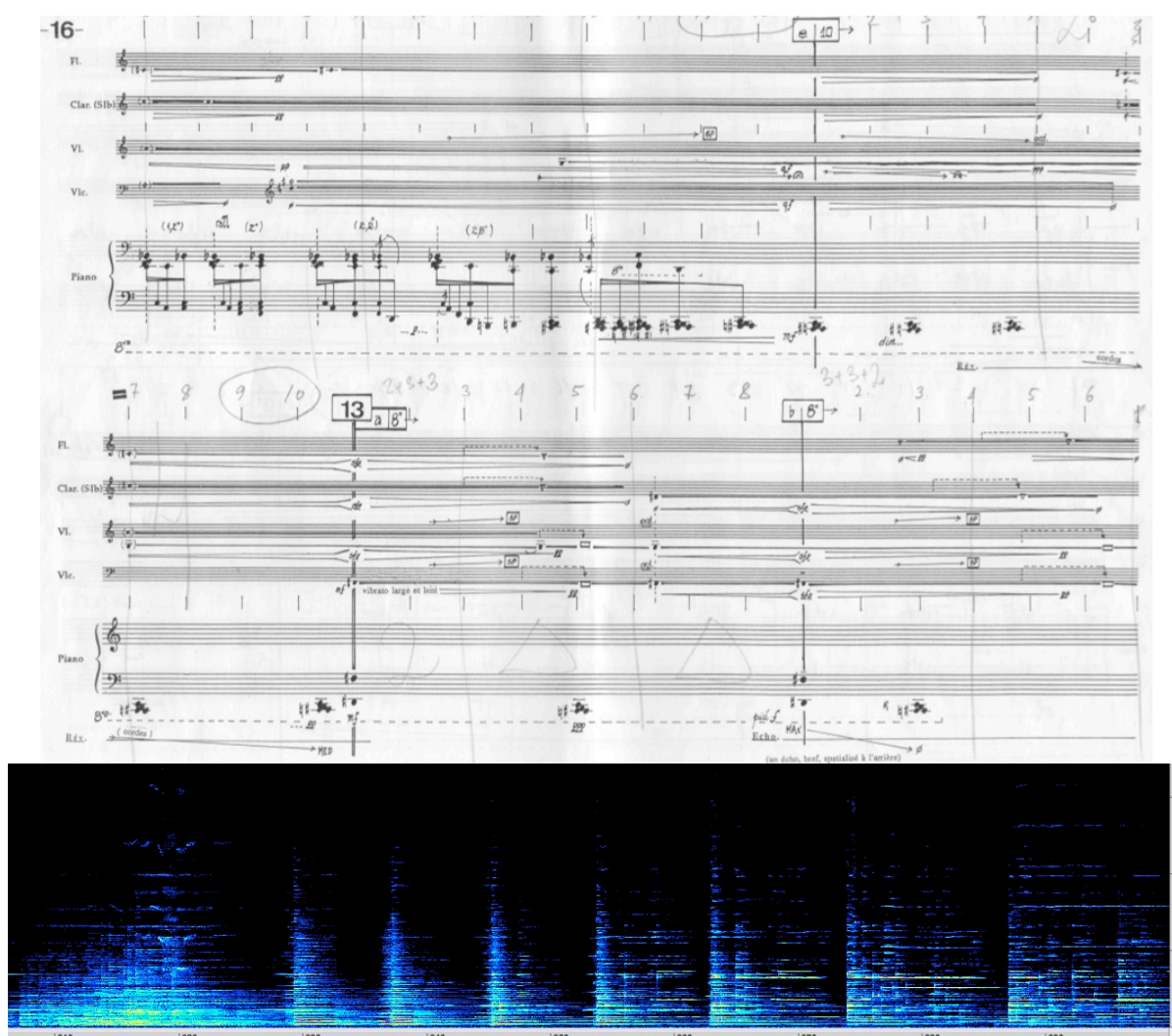


Fig. 72: Partitura e sonograma da transição entre os momentos 12 e 13 de *Treize couleurs*

Quando à disposição da obra no fluxo temporal enquanto forma, as treze cores são organizadas a partir de um início com andamentos e durações mais lentos, um convite para a escuta da morfologia interna do som. Na medida em que a obra se desenrola, a partir da apresentação da quarta cor, ritmos e durações são

acelerados, tal como um jogo de aceleração e distensão temporal, somados a um crescimento da densidade de eventos instrumentais, procedimentos que atingem seu ápice na cor 6. De forma reversa e gradual, desacelerações, acelerações e diminuição gradual da densidade acontecem até a décima cor. Enquanto a obra se aproxima do seu final, entre as cores onze e treze, as durações são estendidas mais ainda, desta forma o compositor nos convida a uma imersão na sonoridade apresentada sem que percamos o interesse auditivo, pois já estamos familiarizados com este universo sonoro que nos foi apresentado.

3.4 O som como uma integração de grãos: *Pithoprakta* de Xenakis

Aqui, abordaremos o trabalho de Iannis Xenakis na composição de sua obra *Pithoprakta* (1955 - 56) para orquestra de cordas, dois trombones, xilofone e *woodblock*. Em *Pithoprakta*, tal como enunciamos no Capítulo 1 desta tese, ao tratarmos dos fundamentos teóricos do paradigma granular, Xenakis não realiza a composição desta obra a partir dos fundamentos musicais tradicionais, tais como harmonia e contraponto. Ele introduz, a partir da noção de sua música estocástica livre, variáveis tais como densidade de sons em um determinado espaço de tempo, nuvens de sons (formadas a partir da sobreposição e justaposição de sons de instrumentistas executando distintas técnicas), as quais são controladas através de transformações graduais e contínuas. Trata-se de uma espécie de enfoque científico da composição musical, auxiliado por cálculos estatísticos, uma tentativa de aproximação entre arte e ciência. Não entraremos em detalhes a respeito da concepção de Xenakis sobre a música estocástica, tampouco proporemos uma discussão aprofundada sobre o tempo nas obras deste compositor. Estas questões foram tratadas detalhadamente em nossos trabalhos de 2009 (iniciação científica) e 2012 (mestrado).

3.4.1 Tratamento do material através de uma abordagem granular

As nuvens de sons as quais, por exemplo, podem refletir uma sonoridade granular, são construídas a partir de um determinado instante, no qual um conjunto de sons pontuais é definido no espaço das alturas, possuindo diferentes

intensidades. A densidade média das nuvens construídas pode ser contínua ou variar ao longo do tempo, ou seja, apresentar uma direcionalidade. Os *glissandi*, por sua vez, normalmente representam evoluções lineares e contínuas, considerando duas alturas dadas (inicial e final), podendo variar em relação ao espaço frequencial que será percorrido, assim como em relação à duração em que este espaço será percorrido. Neste sentido, a implementação da síntese granular em ambiente computacional seria uma modelagem de sons por algoritmos, cujas variáveis representam parâmetros similares aos que Xenakis manipulou na composição de algumas de suas peças classificadas como pertencentes à música estocástica livre (Cf. XENAKIS, 1962, Capítulo I).

Em *Pithoprakta*, a unidade de tempo adotada ao longo de toda a obra é uma mínima equivalente à 26, num compasso 2/2. Tal como realiza Xenakis (1962, p. 29), cada unidade de tempo pode ser subdividida em três, quatro ou cinco partes iguais, as quais, quando sobrepostas, geram decalagens rítmicas bastante sutis. Esta, portanto, seria a base de sustentação rítmica para a criação de nuvens de sons que apresentem uma sonoridade granular. Esta obra traz em si a ideia de transformações contínuas de grandes massas de sons granulares (descontínuos) ou contínuos, que podem transitar entre a ordem (alturas sustentadas e ritmos regulares) e a desordem (sonoridades granulares), ou vice-versa, através da introdução da noção de entropia. Estas transformações podem ser percebidas, por exemplo, no início da obra, onde uma massa de sons percussivos de golpes na caixa dos instrumentos de corda (sem altura definida e ritmicamente defasadas) se transforma gradualmente num conjunto de sons *arco* (com altura definida). Xenakis procurou trabalhar com quatro diferentes classificações de qualidades sonoras (que não fogem à classificação tradicional), as quais foram manipuladas de distintas formas: timbre (técnica de execução) ou família de instrumentos, altura, intensidade e duração do som.

3.4.2 Transformações contínuas

Selecionamos dois exemplos de *Pithoprakta* para serem discutidos e analisados, a fim de investigar a questão que envolve o funcionamento das transformações contínuas buscadas por Xenakis. De certa forma, estas transformações graduais não seriam totalmente distintas da ideia de grau de mudança de Stockhausen e Grisey (Cf. Capítulo II), no entanto a noção de Xenakis

se afasta da proposição Grisey, já que este último a utiliza principalmente no contexto das interpolações de timbres, sendo que este conceito de timbre estaria relacionado à sua significação dentro da música espectral (Cf. GRISEY, 1979 e 1991, In: GRISEY, 2008). A noção de grau de mudança em Stockhausen (Cf. STOCKHAUSEN, 1958), por sua vez, poderia ser pensada de maneira análoga à proposição de transformação contínua de Xenakis. No entanto, sonoramente, o resultado é bastante distinto, já que esses compositores possuem estéticas bastante diferentes. Stockhausen teria a preocupação de manter uma coerência de proporções numéricas entre os parâmetros, proporções ligadas a uma matemática não muito complexa (2:1, 3:1, ou mesmo a divisão da oitava em doze semitons a partir do temperamento igual, a raiz décima-segunda de dois). Para a implementação de suas transformações contínuas, Xenakis se baseava em seu conhecimento matemático e estatístico oriundo de sua formação como engenheiro, se valendo, por exemplo, das noções de paraboloides hiperbólicas (no caso de *Metastaseis*, para o controle da duração e do espaço frequencial dos *glissandi*), assim como as leis de distribuição estatística de Poisson e Pearson, para o controle das durações e velocidades em *Pithoprakta*, e também para o controle das densidades de ataques em determinado intervalo de tempo em *Achorripsis*.

Nosso exemplo da Fig. 73 se refere ao trecho da partitura (XENAKIS, 1967, pp. 17 - 28) correspondente ao intervalo entre 4'37" e 6'50" da gravação utilizada (XENAKIS, 2001). Este trecho se inicia com uma grande massa orquestral formada pelas cordas (subdividida entre os instrumentos na proporção 12, 12, 8, 8, 6), que executam as técnicas de *pizzicato*, *col legno battuto* e *glissando*, buscando produzir sonoridades granulares, com ataque rápido e pouco regime de sustentação. A escrita dos instrumentos de corda é feita de maneira individual e não por naipe, ou seja, um pentagrama para cada instrumentista. Através de uma escrita rítmica que subdivide a unidade de tempo em tercinas, semicolcheias e quintinas, Xenakis cria inúmeras defasagens métricas bastante sutis entre os sons produzidos, atingindo seu objetivo de criar nuvens de sons em que a descontinuidade predomina no seu interior. Podemos considerar que este trecho se inicia e se mantém por algum tempo com esta “desordem” sonora (em termos de entropia) refletida pela nuvem de sons descontínua em seu interior, formada pelas técnicas de *pizzicato*, *col legno battuto* e *glissando* executadas pelos instrumentistas de corda nas mais diversas alturas possíveis dentro da tessitura dos instrumentos.

This image shows a page from a musical score, likely for a string orchestra. The page is numbered 125 in the top right corner. The score is written for five parts: Violins I (V.I.), Violins II (V.II), Violas (V.), Cellos (C.), and Double Basses (C.B.). The music is in 4/4 time and features a variety of notes, rests, and dynamic markings. Key markings include 'arco' (arco) and 'pizz.' (pizzicato). The score is divided into measures by vertical bar lines, and the parts are grouped by horizontal brackets on the left. The page is filled with musical notation, including stems, beams, and various note heads, indicating a complex and detailed composition.

* Dans cette nébuleuse de sons faire ressortir les configurations galactiques des coups d'archets "arco norm. ff" des instruments notés ■.
In this nebula of sounds, the galactic configurations of "arco norm. ff" preceded by the sign ■ must be put in relief.

B. & H. 19583

Fig. 73: Partitura de *Pithoprakta*, p. 17 (XENAKIS, 1967), sonoridade granular

A presença do *woodblock* pode ser entendida como uma quebra da continuidade dos acontecimentos em *Pithoprakta*. Seu aparecimento, no compasso 171, enuncia a entrada dos dois trombones no compasso seguinte, em *pianíssimo*, executando um uníssono em Sol 2. Esta sonoridade dos trombones se funde à massa das cordas, que segue com sua granularidade, adicionando uma certa regularidade à “desordem” sonora que até então se fazia presente. Esta regularidade morfológica dos trombones (que sustentam o Sol 2 por alguns compassos, além de transitarem por outras alturas vizinhas) se reflete na constituição harmônica de seus parciais, diferentemente dos grãos executados pelas cordas, que preenchem a área frequencial audível de forma não hierárquica, pontos sonoros cuja única restrição é a abrangência da tessitura do instrumento que a executa.

A partir do compasso 180, presenciamos a ordenação rítmica gradual dos ataques dos instrumentos de corda, cuja técnica tende a se estabilizar no *pizzicato*. Trata-se da estabilização da desordem presente desde o início deste trecho, ainda com uma sonoridade pontual dos *pizzicati*, porém com uma estruturação rítmica precisa e regular. Temos, portanto, um exemplo de transformação temporal contínua que percorre o caminho da desordem para a ordem, explicitado através de variáveis musicais composicionais manipuladas, tais como as técnicas instrumentais utilizadas que produzem o timbre resultante (decorrente das diferentes morfologias sonoras produzidas), alturas, intensidades, durações e densidades de ataques.

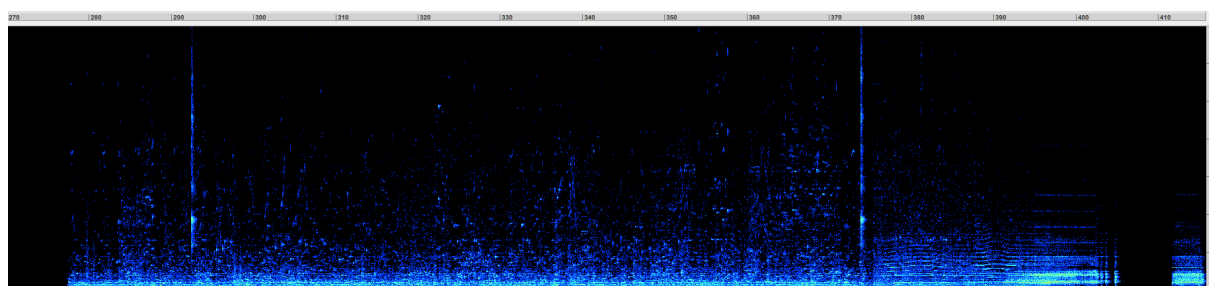


Fig. 74: Transformação contínua: da sonoridade granular (descontínua) à organização rítmica e harmônica

Na Fig. 74 apresentamos o sonograma que representa as transformações contínuas operadas neste trecho. Nota-se, entre 280' (início da massa sonora) e por volta de 375' (após o toque do segundo *woodblock*, uma espécie de divisão vertical bastante rápida), a presença contínua da nuvem de sons que possui uma sonoridade granular. Como mencionamos, os grãos ou pontos são produzidos pelos

ataques das cordas em *pizzicato*, *col legno battuto* e *glissandi* rápidos e curtos, cujas alturas são determinadas de maneira estatística, correspondendo às possibilidades de execução dos instrumentos. Auditivamente, temos a produção de uma sonoridade granular que é contínua em sua macroforma, porém totalmente descontínua em seu interior. Neste contexto, cada grão tem o seu papel na constituição da grande forma deste organismo. A coesão formal é garantida pela percepção da macroforma como uma totalidade homogênea, garantida por uma energia que a molda temporalmente de maneira contínua. A seguir, a partir de 375', temos a entrada dos trombones, que adicionam uma regularidade à massa sonora através de suas alturas sustentadas, com uma estrutura harmônica de seus parciais, sonoridade esta que se funde à granularidade das cordas. Por fim, entre 390' e 400', os ataques das cordas tendem à estabilização, com a execução de alturas repetidas em ritmos sincronizados. Embora a técnica utilizada seja o *pizzicato*, cujo ataque é bastante rápido e com um regime de sustentação bastante breve, devido à sincronização de inúmeros ataques, produz-se também um timbre com uma organização harmônica dos parciais, que pode ser visualizada no trecho mencionado.

Nosso segundo exemplo (Fig. 75 e 76) se refere ao trecho ou entre 8'20" e 9'10" (c. 230 e 258) da gravação da obra utilizada na análise. Aqui, a nuvem de sons, ao invés de apresentar a configuração pontilhista do exemplo anterior, se configura como uma teia ou emaranhado de sons constituído por inúmeros *glissandi* das cordas em arco normal (com ou sem surdina), apresentando durações e abrangência de alturas diferentes. Tal como no exemplo anterior, não há sincronização temporal na produção dos grãos por parte dos instrumentos. Aqui, nenhum *glissando* é executado de maneira simultânea ao outro, tampouco percorre o mesmo espaço frequencial no mesmo intervalo de tempo. Estas pequenas decalagens temporais e frequenciais se tornam complexas e criam o interesse na escuta destas nuvens de sons.

Aos poucos, principalmente a partir do compasso 235, a execução dos *glissandi* passa a ser intercalada com diferentes alturas sustentadas, gerando *clusters* que apresentam uma certa permanência. Observa-se a fusão dos *glissandi*, sons que apresentam uma direcionalidade, com as alturas sustentadas, que denotam uma permanência ou estaticidade sonora. A partir do compasso 243, as alturas sustentadas desaparecem, fazendo com que a soma dos *glissandi* constitua

a totalidade do som produzido. Estes se tornam mais velozes pois passam a percorrer um espaço frequencial maior (maior âmbito de alturas) em um menor espaço de tempo. No seu interior, portanto, a sonoridade resultante passa a apresentar maiores pontos de descontinuidade, sendo que, na medida em que esta transformação evolui, os *glissandi* diminuem em quantidade, ou seja, sua densidade diminui, provocando um esvaziamento ou uma rarefação do resultado sonoro produzido.

Neste exemplo, temos uma nuvem de sons formada no geral por *glissandi* e alturas sustentadas, as quais se fundem de diferentes maneiras. De início, no compasso 230, há diversos *glissandi* que apresentam uma velocidade mais lenta, os quais logo são amalgamados com as notas sustentadas, formando um grande *cluster*. A partir do c. 243, as notas sustentadas desaparecem, fazendo com que a sonoridade geral seja constituída apenas pelos *glissandi* que passam a apresentar velocidades bastante maiores. Para dar fim a esta transformação, estes *glissandi* se rarefazem e o som se evanesce pouco a pouco. Na Fig. 75 temos o sonograma deste trecho, e, na Fig. 76, temos a partitura de *Pithoprakta* (p. 36).

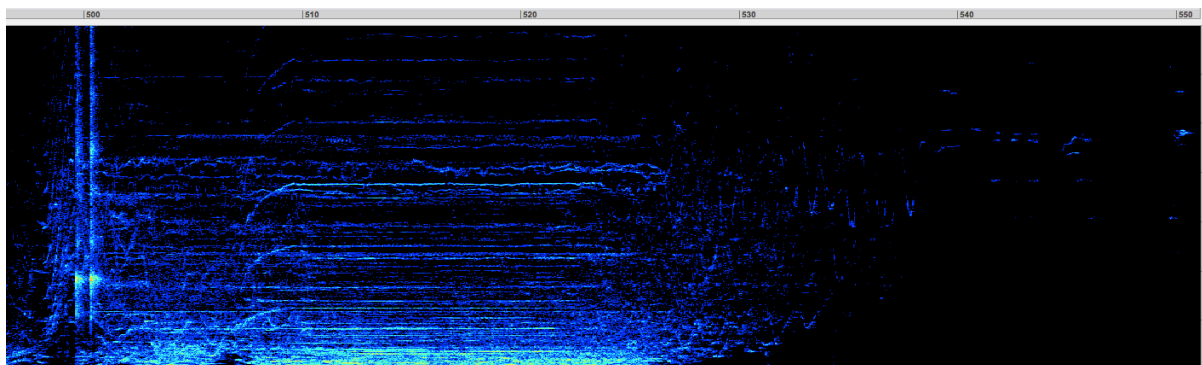


Fig. 75: Transformação contínua: sobreposição de *glissandi* e sua rarefação

W. Bl.

240

V.I

V.II

A.

Vc.

C.B.

Fig. 76: *Pithoprakta*, p. 36. (XENAKIS, 1967): notas sustentadas e *glissandi* velozes

3.4.3 Segmentação formal a partir das transformações implementadas

Apresentamos também uma possível segmentação formal da obra, baseada numa divisão que considera as transformações operadas ao longo dela, a qual apresentamos na Tab. 7. O que se pode inferir, a partir desta análise, é que as grandes transformações de estados e estruturas acontecem nos eventos ímpares. Os eventos pares se referem às transformações mais curtas, colocadas desta maneira apenas para separar e dar destaque às grandes nuvens de sons que engendram as transformações mais importantes. Dentro das grandes transformações, abordamos em detalhes, neste item, as de número 5 e 7, as quais imaginamos exemplificar com maior êxito a questão que desejávamos abordar neste item.

	Compasso	Duração	Eventos – transformações
1	1 - 51	0' - 2'15"	Ruído (golpes no corpo dos instrumentos de corda com a palma da mão) – sons com altura definida
2	52 - 59	2'15" - 2'30"	Sobreposição de <i>glissandi</i> ritmicamente semelhantes e com alturas distintas
3	60 - 104	2'30" - 4'	Notas sustentadas em arco (<i>clusters</i>) + grãos do xilofone e <i>pizzicati</i> do violino
4	109 - 121	4' - 4'37"	<i>Glissandi</i> com menor densidade orquestral
5	122 - 207	4'37" - 7'37"	Nuvem de sons (sonoridade granular, desordem) – <i>pizzicati</i> das cordas sincronizados e harmônicos (ordem)
6	208 - 229	7'37" - 8'20"	<i>Glissandi</i> (<i>pizz.</i> , <i>arco</i> , <i>col legno battuto</i>) em menor densidade
7	230 - 256	8'20" - 9'11"	Denso emaranhado de <i>glissandi</i> em conjunto com notas sustentadas, o qual se rarefaz gradualmente em seu final
8	257 - 268	9'11" - 9'40"	Harmônicos esparsos

Tab 7: Segmentação forma de *Pithoprakta* a partir da análise das transformações contínuas implementadas

Assim, as grandes transformações contínuas implementadas por Xenakis em *Pithoprakta* (transformações 1, 3, 5 e 7) referem-se aos seguintes aspectos sonoros: A primeira transformação nos remete da desordem à ordem, a partir de sons percussivos produzidos pelos instrumentos de corda, através de golpes em seu corpo, que, gradualmente, vão sendo substituídos por sons de *pizzicati* e sons de arco, de certa maneira sincronizados. A segunda grande transformação (3), a partir do compasso 60, apresenta uma massa de sons em arco sustentados pelas cordas, formando um grande *cluster*, aos quais se sobrepõem sons agudos executados pelo xilofone e por três violinos, em *pizzicato*, tal como se fossem grãos bastante agudos. Na medida em que esta nuvem evolui, os grãos tornam-se mais presentes, aparecendo em maior quantidade, tal como uma densificação destes eventos. As

grandes transformações seguintes (5 e 7) referem-se aos dois exemplos já abordados neste item.

3.5 Síntese granular: *Concerto para piano e orquestra* de J.M. López López

Neste item, trazemos como exemplos a serem discutidos e analisados, alguns aspectos composicionais de José Manuel López López (1956), compositor espanhol radicado em Paris. López López desenvolve continuamente, dentro de seu trabalho composicional, uma pesquisa a respeito da transposição e simulação de procedimentos da música eletroacústica para o ambiente instrumental, tal como uma expansão dos procedimentos e possibilidades da síntese instrumental, termo cunhado por Gérard Grisey nos anos 1970. Esta pesquisa de López López, que muitas vezes é realizada conjuntamente com os instrumentistas que executam suas obras, tem como objetivo a busca de novas sonoridades através da combinação de diferentes técnicas instrumentais, assim como a ampliação do universo das técnicas estendidas, um movimento que procura levar a música a ambientes ainda não explorados.

A fim de abordar este aspecto da obra de López López, analisaremos alguns trechos de seu *Concerto para piano e orquestra* (2005), executado pela *Deutsches Symphonie Orchester* de Berlim e pelo solista Alberto Rosado, em 2009, a partir da noção de síntese instrumental, proposta por Gérard Grisey (1979, 1991).

3.5.1 A síntese instrumental em J. M. López López

A síntese instrumental, no caso deste compositor, seria uma ampliação do conceito proposto por Grisey, o qual se referia, dentro do contexto instrumental, a técnicas eletroacústicas tais como filtragem, reverberação, modulação em anel e modulação de frequência (GRISEY, 1991). López López, em suas obras recentes (dentre as quais se inclui o concerto que será analisado), procura – de acordo com a sua própria explicação – produzir uma síntese granular instrumental. Sonoridades de massa de diferentes densidades e diferentes tamanhos de grão são gerados por

instrumentos acústicos, grãos que possuem, obviamente, um tamanho maior (sua duração em milissegundos) do que os grãos produzidos eletronicamente.

Portanto, esta aproximação entre a granulação instrumental e a granulação eletroacústica se dá, principalmente, em relação à sonoridade, já que os processos de ambas as técnicas são distintos. A granulação instrumental funcionaria como uma “metáfora” que alimenta o processo criativo instrumental deste compositor. Nos exemplos analisados, mostraremos algumas técnicas instrumentais utilizadas por López López para produzir sonoridades granulares acústicas, assim como seu resultado sonoro, através da análise espectral do áudio da obra.

Como veremos, essa síntese granular instrumental pode ser considerada, *grosso modo*, bastante similar às nuvens de sons granulares criadas por Xenakis em algumas de suas obras, tais como vimos em *Pithoprakta*. No entanto, as duas técnicas apresentam diferenças estéticas, por exemplo o meio a partir do qual estas sonoridades são atingidas. Xenakis se baseava, para realizar suas composições dos anos 1950, em modelos matemáticos e estocásticos (sua música estocástica livre). López López, por sua vez, nunca negou ter sido influenciado pelo espectralismo francês dos anos 1970, especificamente compositores como Gérard Grisey e Tristan Murail. Entendemos que seu interesse estético-composicional é a ampliação das possibilidades da música espectral e de suas técnicas de síntese instrumental.

Ademais, esta proposta de López López surge por volta dos anos 2000, quase meio século depois das implementações de Xenakis. Neste período, houve uma ampliação considerável das possibilidades relacionadas ao paradigma granular, tais como as implementações composicionais deste tipo de técnica através da síntese granular (Roads, Truax), assim como toda a discussão teórica de Vaggione sobre o este tema, além de suas relações com propriedades emergentes e fenômenos de descontinuidade. Como vimos no Capítulo I, item 1.4.2, um processo de síntese granular pode ser controlado por variáveis tais como duração, densidade e forma de onda dos grãos (variáveis microtemporais), banda de frequências compreendida pela nuvem de sons a ser gerada e seu envelope de amplitude (variáveis macrotemporais).

Nossa hipótese é que a síntese instrumental promovida por Grisey, de acordo com sua definição e com as análises apresentadas em seu artigo de 1991, se relaciona com paradigma ondulatório, pois as técnicas de síntese que este compositor procurou simular em ambiente instrumental estão predominantemente

ligadas ao domínio frequencial do som. Dentre estas técnicas podemos citar a síntese aditiva, modulação em anel, modulação de frequência e filtragem. O modelo ondulatório de composição/decomposição, na nossa visão, é da ordem do contínuo (Cf. Capítulo I desta tese).

Nossa análise pontual da obra de López López, que abordaremos a seguir, por sua vez, procurará mostrar que o processo de síntese instrumental realizado por este compositor, ou seja, seus diferentes exemplos de granulação instrumental, estariam em conformidade com o modelo granular. O paradigma granular, no nosso entendimento, é da ordem do descontínuo, sendo que sua fundamentação teórica é baseada na teoria do quanta acústico de Gabor (1945). Neste modelo, o som é formado por uma infinidade de grãos, ou quanta sonoros, e suas principais variáveis de controle se afastam daquelas da música tradicional, aproximando-se das definições de massa, nuvens de sons e principalmente da ideia de densidade de eventos.

3.5.2 Granulação instrumental

Aqui, analisaremos dois exemplos referentes ao *Concerto para piano e orquestra* de López López, em que discutiremos suas técnicas de granulação instrumental. No primeiro exemplo (Fig. 77), referente ao início da obra, temos uma granulação instrumental produzida pelo naipe de cordas. Violinos, violas, violoncelos e contrabaixos entram gradualmente (em cânone) executando sons percussivos. Estes sons, de altura não definida, são produzidos através de uma palheta que percute o corpo de madeira do instrumento atrás de seu cavalete (cuja indicação na partitura é *avec un plectre derrière le chevalet*).

A sonoridade granular é obtida por duas razões. Primeiro, porque temos uma homogeneidade em relação aos timbres produzidos (os grãos são homogêneos), ou seja, eles são produzidos através de uma mesma técnica, em instrumentos similares (família das cordas); segundo porque os instrumentistas executam seus sons em diferentes velocidades, através de *accelerandi* e *ralentandi*, promovendo pequenas decalagens em relação ao violino II (1 - 6), o qual executa um tempo sem variações (em fusas), servindo de referência. Produz-se, portanto, uma nuvem de sons que abrange grande parte do espectro de frequências audível,

que é produzida através da execução, por parte dos instrumentistas, de sons de caráter percussivo em diferentes velocidades e com pequenas decalagens entre si.

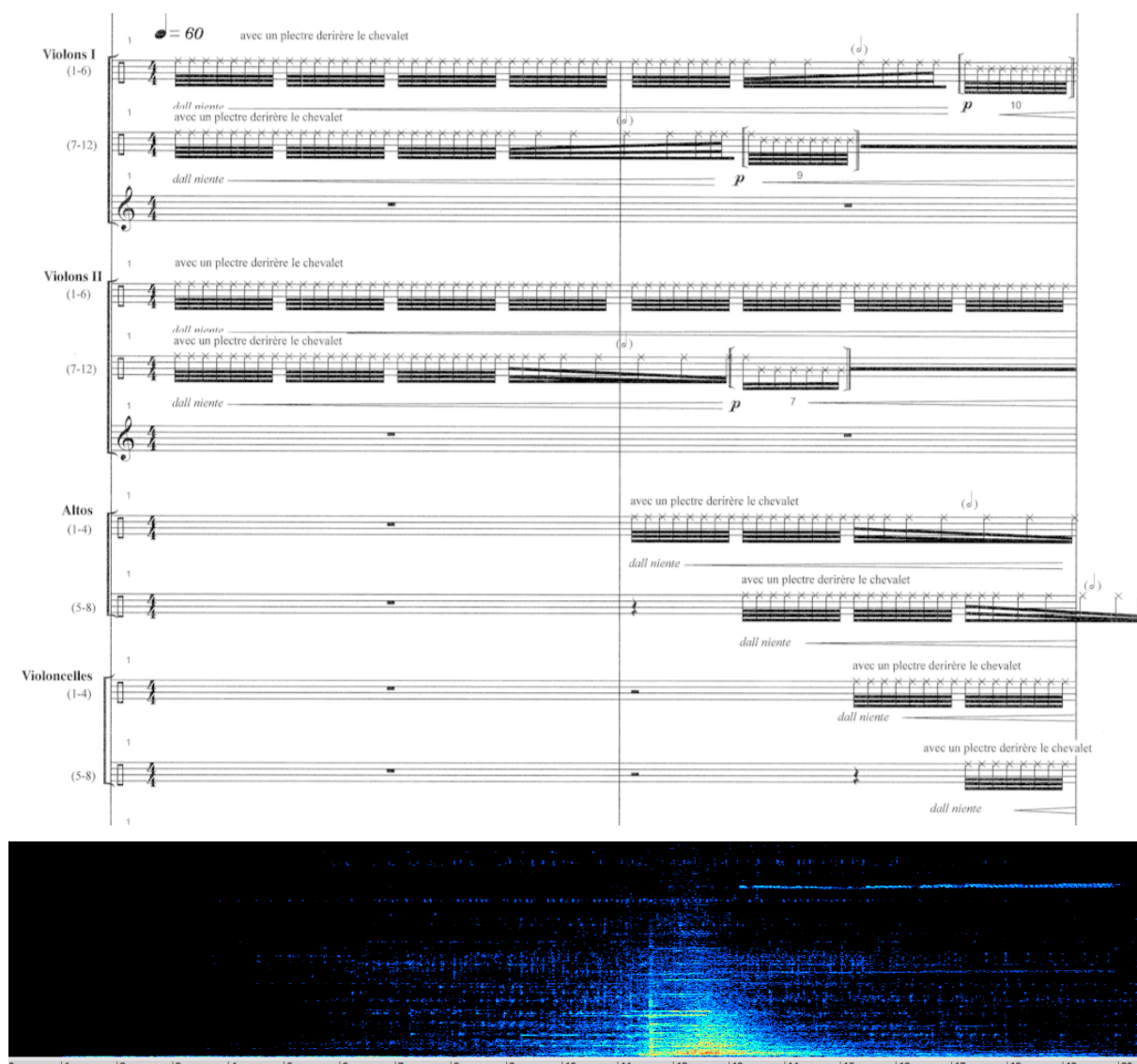


Fig. 77: Granulação das cordas através de um plectro percutido atrás do cavalet com defasagem rítmica

O sonograma referente a esta passagem, também na Fig. 77, tem uma duração um pouco maior do que o trecho ilustrado da partitura (esta passagem da granulação das cordas dura por volta de vinte segundos). O momento com grande energia se refere a um ataque em *fff* da nota Lá mais grave do piano, em conjunto com percussão, madeiras e metais. No entanto, o que queremos destacar é a nuvem de sons que se produz ao redor deste ataque, de menor intensidade, com vários ínfimos pontos descontínuos. Este tipo de escrita estaria em sintonia com as definições do paradigma granular, pois temos quantidades de ataques de diferentes

densidades ao longo do tempo, além de uma menor preocupação com a altura exata do som produzido, com apenas uma indicação de preenchimento de determinada área do espectro de frequências audível. Temos, no nosso entendimento deste trecho, uma evidência do privilégio da informação temporal sobre a informação frequencial.

Na Fig. 78, temos um exemplo da escrita do piano, instrumento solista do concerto. Na realidade, temos um piano preparado, a partir da seguinte indicação: “colocar, entre as cordas indicadas, um objeto pesado com a superfície emborrachada ou similar, com a finalidade de abafá-las” (*poser entre les cordes indiquées un objet lourd avec la surface en caoutchouc ou similaire afin de les étouffer*). As notas tocadas, situadas no registro extremo agudo do instrumento, são abafadas por este objeto colocado entre as cordas, fazendo com que o som do piano perca sua capacidade de ressonância, praticamente extinguindo o regime estacionário do som. Como resultado, o que se ouve são quase que somente os transientes de ataque, cujas alturas exatas das notas são difíceis de identificar.

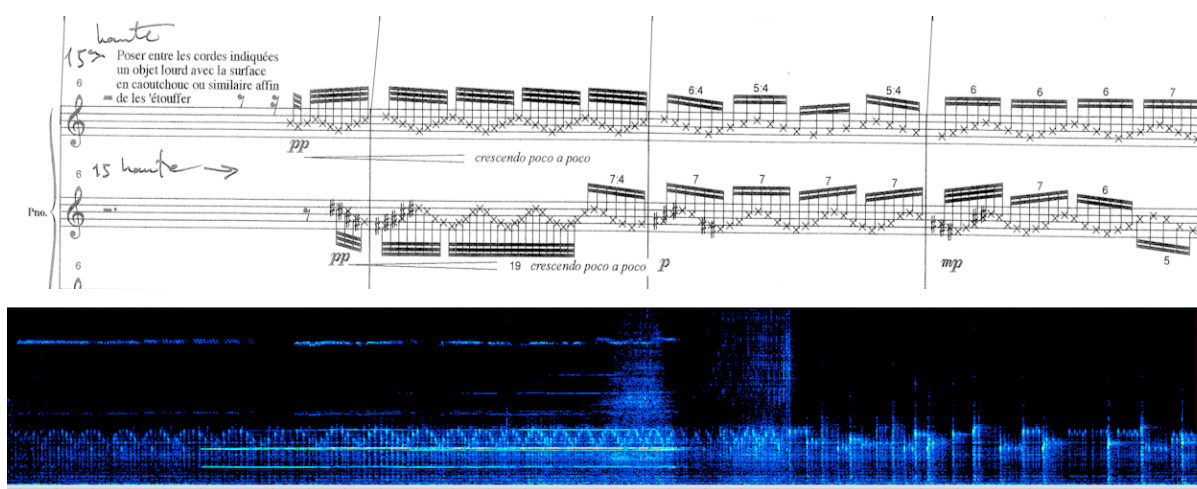


Fig. 78: Granulação do piano. Abafamento das cordas na região aguda por um objeto emborrachado

Para a configuração de uma textura granular, temos novamente uma pequena decalagem rítmica entre as notas executadas. No segundo compasso deste trecho da Fig. 78, observa-se que a mão direita do pianista deve executar uma figuração em fusas. A escrita da mão esquerda, por sua vez, apresenta ritmos ligeiramente distintos, tais como uma quiáltera de fusas em 19:16, contraposta às 16 notas executadas pela mão direita no mesmo intervalo de tempo, seguidas de semicolcheias em 7:4 (mão esquerda), uma nota a menos das 8 fusas executadas

no mesmo intervalo (mão direita). As pequenas decalagens rítmicas entre as vozes continuam nos dois compassos seguintes: 7 contra 6, 7 contra 5, 7 contra 4, 7 contra 5, 8 contra 5, 7 contra 5, 6 contra 6 (coincidência rítmica) e 5 contra 7. Logo, temos a criação de um campo sonoro difuso decorrente das diferenças rítmicas, num ambiente que se mantém com uma grande quantidade de ataques.

No sonograma apresentado, com uma duração de cerca de trinta segundos, novamente maior do que o trecho da partitura, temos a presença de uma textura ruidosa. Pode-se perceber os movimentos rápidos ascendentes e descendentes executados pelo pianista, no entanto a escuta é voltada a esta textura aguda e intermitente, tal como algo que possui uma vivacidade em seu interior. O abafamento das cordas do piano por um objeto emborrachado valoriza os sons do seu mecanismo percussivo que normalmente são ocultados, no caso da sonoridade usual do instrumento. Este fato ocorre, dentro da sonoridade usual, devido à utilização de outros mecanismos tais como o pedal que libera as cordas do abafamento, amplificando a parte de sustentação do som e realçando seu aspecto harmônico-ondulatório. O abafador emborrachado altera o timbre tradicional do piano, reforçando o aspecto granular do novo som produzido.

3.5.3 Fusão de timbres por complementaridade de modelos sonoros

A obra de López López não se limita a trabalhar apenas com noções granulares. Há também muitos momentos em que ocorrem fusões espectrais, através da combinação de timbres com características granulares e ondulatórias, provocando um grande interesse de escuta nos sons gerados (um tipo de fusão já acontece nos dois exemplos abordados anteriormente, com características estritamente granulares). No terceiro exemplo selecionado (Fig. 79), praticamente um *tutti* orquestral, temos uma grande quantidade de eventos simultâneos, configurando-se como um momento que possui muitos detalhes a serem descritos. A questão principal que desejamos abordar neste exemplo, acima das técnicas instrumentais utilizadas, é a noção de fusão de diferentes timbres. Esta fusão, relativamente simples de ser obtida na música eletroacústica, torna-se algo complexo na escrita instrumental, principalmente quando nos situamos fora de um contexto harmônico-contrapontístico tradicional, ao buscar a construção de novos timbres através da síntese instrumental.

Neste trecho, temos a sobreposição dos timbres abordados nos exemplos 1 e 2: a granulação nas cordas e no piano. Na audição desse trecho os dois timbres se fundem numa mesma nuvem, com uma densidade maior que nos exemplos anteriores, já que há um maior número de grãos por determinado intervalo de tempo, que apresentam características morfológicas diferentes. O gesto com maior energia, situado no centro do sonograma, é um rulo de bumbo, que cresce de *pp* a *ff*.

Outro ponto importante de se observar neste trecho são os sons de característica ondulatória executados pelos outros instrumentos, a saber, as madeiras e os metais. Clarinetes e fagotes executam notas dentro da tessitura grave, numa transição entre ordinário – *frullato* – ordinário. Os metais são representados pelos trompetes (com surdina *harmon*), que executam alturas na região aguda, em contraposição aos trombones e à tuba, que tocam notas bastante graves. O outro aspecto ondulatório desta parte (valorização frequencial através da geração de um altura definida) é obtido pela fricção de um prato de metal por um arco de um instrumento de corda. Esta fricção produz uma altura fixa bastante aguda, a qual pode ser observada no sonograma como uma linha contínua (que apresenta algumas variações de altura), situada por volta dos 6000Hz.

Acreditamos que a fusão de diferentes timbres criada neste trecho da obra teve êxito justamente pela combinação de técnicas instrumentais distintas, gerando sonoridades granulares e ondulatórias. Um estudo sobre determinadas técnicas estendidas utilizadas em uma obra e o resultado sonoro obtido através da combinação destas técnicas, seja por justaposição, seja por sucessão, implicaria numa avaliação que levasse em conta se os timbres produzidos se fundem, ou seja, se agregam, ou se fissionam, ou seja, se repelem. Este ponto, que nos interessa a partir dos resultados obtidos em nossa análise, foi levantado por Grisey (compositor que, na nossa visão, possuía grande capacidade de fundir e criar novos timbres). Em um dos pontos da conclusão de seu artigo de 1991, ele expõe a dificuldade de fusão dos timbres instrumentais, os quais têm uma tendência natural à descontinuidade.

Handwritten annotations in French:

- Surdine Harmon* (Muted Harmonic)
- G. caisse* (Gong)
- cymbale avec ardent* (Cymbal with ardor)
- avec un plectre derrière le chevalet* (with a plectrum behind the bridge)
- dall nerve* (with nerve)
- peu à peu unison rythmique avec les violons II* (gradually rhythmic unison with the violins II)

The score is divided into measures, with some measures containing multiple staves for different instruments. The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and dynamic markings.

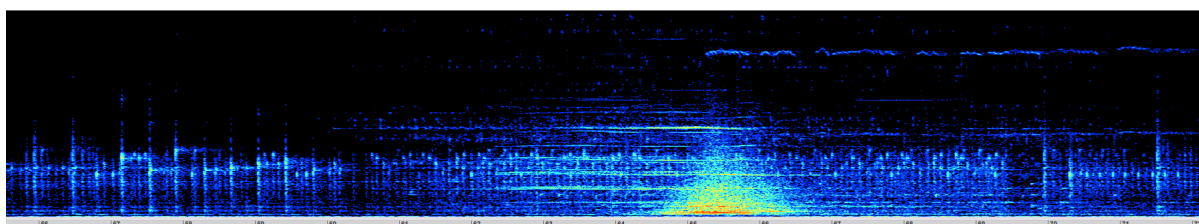


Fig. 79: Fusão instrumental: processos instrumentais granulares e ondulatórios no *Concerto*

Em nossa análise, em que trabalhamos com alguns trechos do *Concerto para piano e orquestra* de López López, observamos a capacidade deste compositor de produzir timbres instrumentais que simulam o processo de síntese granular, seja através do piano, seja através das cordas. Mostramos também, no último exemplo, um trecho bem sucedido em relação à fusão de timbres. Na escuta, temos distintos timbres que se sobrepõem e se fundem por complementaridade, provavelmente pelas características morfológicas diferentes entre eles. Tal como mostramos em nossa análise, os timbres instrumentais escritos por este compositor resultaram em sons que se aproximam do modelo granular (no piano e nas cordas), que também foram combinados com sonoridades ondulatórias (que valorizam o regime estacionário dos sons) produzidas por outros instrumentos.

Esta dicotomia entre os paradigmas ondulatório e granular pode ser explicitada pela dualidade entre o contínuo e o descontínuo. Sons que se aproximam do modelo ondulatório privilegiam suas características frequenciais, ou seja, sua altura. Sons próximos ao modelo granular são descritos principalmente por informações temporais, tais como o tamanho dos grãos (em milissegundos) ou a densidade de eventos por determinado intervalo de tempo. Esta afirmação não implica em dizer que um som produzido por síntese aditiva não possua uma duração, nem que uma nuvem de grãos gerada através de um processo de síntese granular não se situe dentro de uma determinada banda de frequências.

3.6 Micromontagem: *Schall* e *Till* de Horacio Vaggione

Aqui, abordaremos o princípio da micromontagem (Cf. Capítulo I, item 1.4.3), a partir de análises pontuais de duas obras do compositor Horacio Vaggione: a obra acusmática *Schall* (1995), e *Till* (1991), para piano e dispositivo eletroacústico (*tape*). Já havíamos nos referido sobre a técnica da micromontagem, em linhas gerais, como uma edição feita a partir de inúmeros arquivos de áudio (mais especificamente pequenos fragmentos destes arquivos), que são justapostos e sobrepostos, no nível do microtempo (com durações entre 20 e 100ms). Para uma explicação desta técnica, Vaggione se apoia na noção do conjunto de Cantor, elaborada pelo matemático Georg Cantor, por volta de 1883.

O conjunto de Cantor é delimitado a partir de uma reta, a qual é dividida em três partes de igual tamanho. A partir desta divisão, extrai-se o terço que se situa no meio dos três pedaços delimitados. Desta feita, são produzidas duas retas com o tamanho igual a um terço da reta original, separadas exatamente por um espaço vazio do mesmo tamanho. As duas novas retas produzidas são novamente divididas em três partes iguais, sendo que o terço do meio é novamente extraído, provocando um vazio entre as dois novos pedaços de reta gerados. Essa divisão por três dos novos segmentos de reta produzidos segue infinitamente, configurando-se como um processo iterativo similar ao da produção de fractais. A seguir, apresentamos graficamente a formação de novos segmentos de reta a partir de uma reta original, tendo em vista a proposição de Cantor (Fig. 80).



Fig. 80: Primeiras seis etapas da formação do conjunto de Cantor (fonte Wikipedia)

Em entrevista não publicada de Horacio Vaggione (2015), o compositor nos confirmou a utilização deste conceito nos processos composicionais de suas obras dos anos 1990, através de uma inspiração sobre ideia dos fractais. Em outra entrevista, a Osvaldo Budón (2000, In: Solomos, Org., 2007), Vaggione explica esta questão, a partir de uma aproximação complementar em relação à uma composição baseada em figuras, ao mesmo tempo em que valoriza a morfologia do objeto sonoro. Esta abordagem complementar pode ser imaginada, por exemplo, numa composição mista em que a parte instrumental é tratada através de um enfoque figurativo, enquanto que à parte eletroacústica é dado um enfoque morfológico.

Uma característica importante desta abordagem (transformação de figuras musicais) reside no fato de que as figuras não são somente consideradas como um conjunto de parâmetros, mas também como entidades que podem ser manipuladas no sentido de suas “partes”. Para compreender este ponto, nós podemos lembrar das formulações matemáticas de Cantor a partir das quais o conjunto de partes de um conjunto dado é sempre maior do que o conjunto de seus elementos. A experiência da música eletroacústica confirma este panorama. Nós podemos caracterizar esta aproximação de “morfológica”, como oposta àquela fundada sobre elementos, que por sua

vez nós podemos qualificar de “paramétrica”. Estes dois modelos de operação, morfológico e paramétrico, são certamente complementares (VAGGIONE, 2000, In: SOLOMOS, Org., 2007, p. 106, tradução nossa)⁸⁹.

3.6.1 Granulação por rarefação da massa espectral

Analisaremos três exemplos de *Schall*, obra acusmática de 1995, composta a partir de sons de piano gravados pelo pianista Philip Mead, e, posteriormente, editados e transformados eletronicamente. O primeiro exemplo, do início da peça, cujo sonograma é apresentado na figura a seguir (entre 0 e 110’), se refere à cinco momentos (numerados em vermelho) em que temos uma configuração de diversos ataques pontuais (granulares) de pequenas partículas de sons do piano, as quais são a seguir “congeladas” em um regime de sustentação que dura alguns segundos. Esta configuração denota a sobreposição temporal de algumas frequências que formam um timbre, as quais são atacadas pelos grãos que se “congelam”.

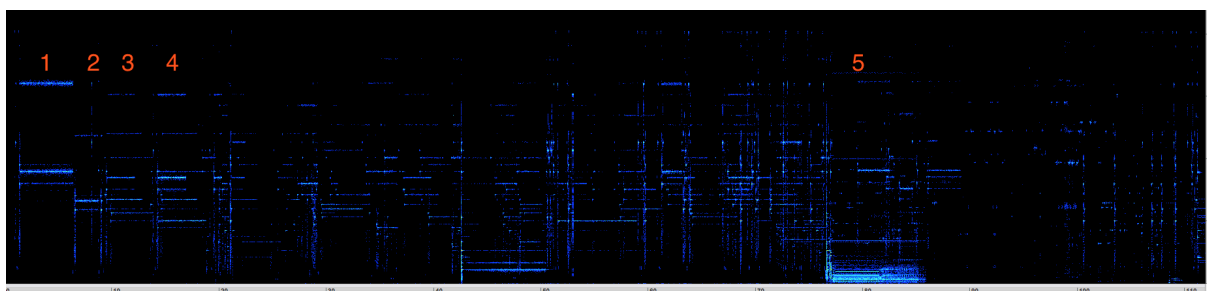


Fig. 81: Sonograma de *Schall* (0 a 110s). Configurações de ataques granulares e ressonâncias

No primeiro momento, temos a valorização da ressonância de três frequências: 8.000, 9.015 e 16.022Hz (valores aproximados obtidos através do programa *Audiosculpt*). Temos, a partir da frequência mais grave, as proporções aproximadas de 9/8 e 2/1 que refletem, em termos de alturas musicais, os intervalos de segunda maior e oitava. No segundo momento, temos também a sustentação de três parciais que formam um timbre a partir das frequências 5.924, 6.645 e

⁸⁹ Une caractéristique importante de cette approche réside dans le fait que les figures sont non seulement considérées comme un ensemble de paramètres, mais aussi comme des entités qui peuvent être manipulées dans le sens de leur « parties ». Pour comprendre ce point, on peut se souvenir des formulations mathématiques de Cantor d’après lesquelles l’ensemble des parties d’un ensemble donné est toujours plus grand que l’ensemble de ses éléments. L’expérience de la musique électroacoustique confirme cet aperçu. Nous pouvons caractériser cette approche de « morphologique », comme opposée à celle fondée sur les éléments, qu’à son tour nous pouvons qualifier de « paramétrique ». Ces deux modèles d’opération, morphologique et paramétrique, sont bien sûr complémentaires (VAGGIONE, 2000, In : SOLOMOS, Org., 2007, p. 106).

11.800Hz. Aqui, encontramos as mesmas proporções do exemplo anterior, em relação às frequências ($9/8$ e $2/1$), constituindo novamente os intervalos de segunda maior e oitava, a partir da frequência mais grave. O segundo momento constitui, portanto, uma transposição para o grave da estrutura harmônica criada no primeiro momento, uma transposição próxima de um intervalo de 4^a justa ($4/3$).

Nos momentos 3 e 4, após os transientes de ataque, temos a sobreposição de nove frequências, as quais constituem os parciais dos timbres formados. Notamos que estes parciais sobrepostos possuem uma configuração espectral bastante semelhante, na qual quase que a totalidade dos parciais são coincidentes, porém apresentando frequências fundamentais diferentes: a frequência fundamental do primeiro timbre (5.048Hz) corresponde ao primeiro parcial do segundo timbre (4.482Hz). Na tabela a seguir detalhamos a composição espectral destes dos timbres. As frequências em negrito correspondem às coincidências espectrais entre os dois timbres, sendo seus valores aproximados.

Parcial	Timbre 1	Proporção	Altura	Timbre 2	Proporção	Altura
8	15146	3	Lá#	15146	3,37	Lá#
7	12000	2,37	Fá#	12000	2,67	Fá#
6	10097	2	Ré#	8964	2	Dó#
5	8449	1,67	Dó	8500	1,89	Dó
4	7573	1,5	Lá#	7521	1,67	Lá#
3	6697	1,33	Sol#	6697	1,49	Sol#
2	5976	1,18	Fá#	5976	1,33	Fá#
1	5667	1,123	Fá	5048	1,126	Ré#
FF	5048	1	Ré#	4482	1	Dó#

Tab 8: Distribuição frequencial dos timbres 3 e 4 em *Schall* (vide Fig. 81)

O momento 5 (Fig. 81) nos traz uma ressonância cujas frequências são sustentadas no registro grave, que pode ser visualizada em detalhes na Fig. 82 (sonograma com distribuição logarítmica das frequências). Neste momento, os parciais não estão espaçados entre si em verticalmente. Apresentam-se de maneira amalgamada e constituem uma massa concentrada nesta região. Os parciais que puderam ser detectados apresentam os seguintes valores frequenciais: 109, 124, 184, 209, 694, 962, 1.145 e 3.397Hz.

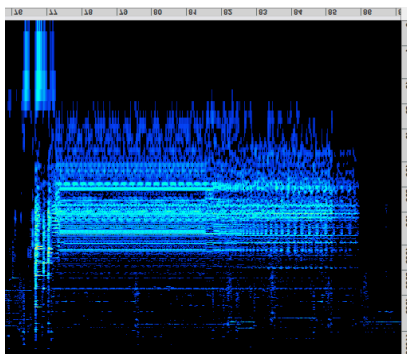


Fig. 82: Sonograma com zoom mais aproximado e com distribuição logarítmica das frequências do momento 5 de *Schall* (vide Fig. 81)

No segundo exemplo, temos a formação de uma textura granular bastante extensa (entre 2'56" e 3'48"). Esta granulação foi obtida a partir do fatiamento de sons gravados do piano em partes de ínfima duração. Neste exemplo, podemos inferir a utilização, por parte de Vaggione, das proposições ligadas aos conjuntos de Cantor. Podemos notar, na Fig. 83, a presença de uma textura granular neste trecho. O que merece destaque, no entanto, é o fato de que os grãos utilizados se repetem temporalmente em relação às frequências, ou seja, as frequências dos grãos se repetem de maneira contínua. Traçamos linhas vermelhas paralelas a fim de ressaltar essa repetição frequencial dos grãos. A construção dessa nuvem de sons granular é feita a partir de grãos que apresentam pouco mais de trinta frequências diferentes, principalmente a partir de 2.500Hz. Esta constatação da repetição das frequências dos grãos nos leva justamente a relacionar este fato com a definição dos conjuntos de Cantor. Vaggione, provavelmente, imaginou linhas contínuas que representariam a sustentação destas frequências por uma longa duração. A partir desta construção, o compositor foi retirando segmentos destas linhas até restarem apenas pontos de durações bastante curtas, de alguns milissegundos, que, em conjunto, constituem uma textura granular.

Para o sucesso deste modelo, a cada linha ligada a uma frequência específica, os trechos retirados são diferentes, ou seja, os grãos, derivados desta divisão das retas situam-se em posições temporais diferentes, raramente ocorrendo sobreposições. A seguir, apresentamos a figura correspondente a este trecho de *Schall*, na qual pode-se visualizar, de acordo com as linhas, uma possível distribuição espectral contínua no início do processo composicional, distribuição à qual foi aplicada um princípio de segmentação similar aos conjuntos de Cantor.

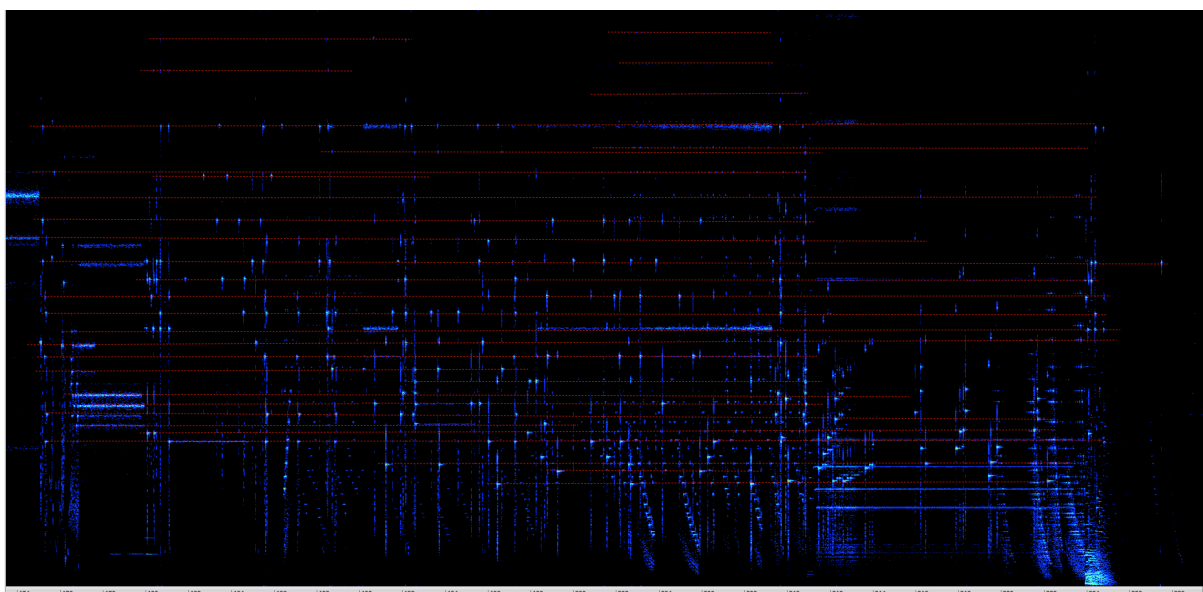


Fig. 83: Sonograma de *Schall* (2'56 a 3'48''): textura granular com repetição iterada dos grãos

Em alguns momentos, em relação à figura acima, é possível perceber algumas continuidades lineares de sustentações de frequências. Ademais, o modelo granular de Vaggione, em termos gerais, pode ser associado à proposição do físico Louis De Broglie, na qual a relação que se estabelece entre os fenômenos ondulatórios e corpusculares é a seguinte: as partículas (ou grãos) seriam os ínfimos pontos que, justapostos, formariam as ondas, ou também que as ondas seriam formadas pela junção de inúmeras partículas colocadas lado a lado, cuja transmissão de energia ocorreria por transdução.

Também pudemos constatar, neste trecho, que as frequências utilizadas por Vaggione para a construção da textura granular apresentam um âmbito frequencial de três oitavas, a partir de aproximadamente 2.535Hz (um Ré# alto). Desde logo, as oitavas seguintes à frequência inicial seriam aproximadamente 5.048 e 10.119Hz. É interessante de notar que o preenchimento do espaço frequencial entre as oitavas ocorre de maneira similar à distribuição do cromatismo das alturas ($\sqrt[12]{2}$). Na tabela a seguir, colocamos os valores aproximados das frequências encontradas, locais onde se encontram os grãos deste trecho de *Schall*.

1ª oitava (Hz)	2ª oitava (Hz)	3ª oitava (Hz)	Proporção
2535	5048	10119	1
	5320	10775	1,053
2852	5637	11319	1,125
3010	5976	12043	1,187
3192	6361	12772	1,259
3373	6723	13605	1,33

3554	7131	14420	1,4
3780	7561	15281	1,49
3984	7991	16028	1,57
4210	8489	17000	1,66
4482	8964	17975	1,76
4776	9553	19061	1,88

Tab 9: Frequências relacionadas aos grãos de *Schall*, entre 2'56" e 3'48"

Nosso último exemplo desta obra refere-se ao trecho entre 5'58" e 6'52". Aqui, temos uma configuração também granular, desta vez próxima ao ruído. Uma nuvem sonora é formada, como veremos, à partir de acordes de piano. Percebemos a existência de acordes, pois, em alguns momentos do sonograma, há uma energia espectral concentrada na região grave, similar à representação deste tipo de figura. A sonoridade desses momentos lembra a execução de acordes, os quais, porém, têm seu envelope espectral alterado a partir de tratamentos eletroacústicos como a convolução e/ou também a sua reversão temporal (movimento direcional revertido, na direção da extinção ao ataque).

Esta nuvem também possui, como se observa na Fig. 84, parciais que se sustentam por algum período. Eles podem também desaparecer e, muitas vezes, surgir novamente. Traçamos inúmeras linhas (desta vez em amarelo) que mostram a sustentação destas frequências, além de sua desapareição e reaparecimento no decorrer do tempo. Muitas das frequências utilizadas neste exemplo coincidem com os parciais encontrados no exemplo anterior.

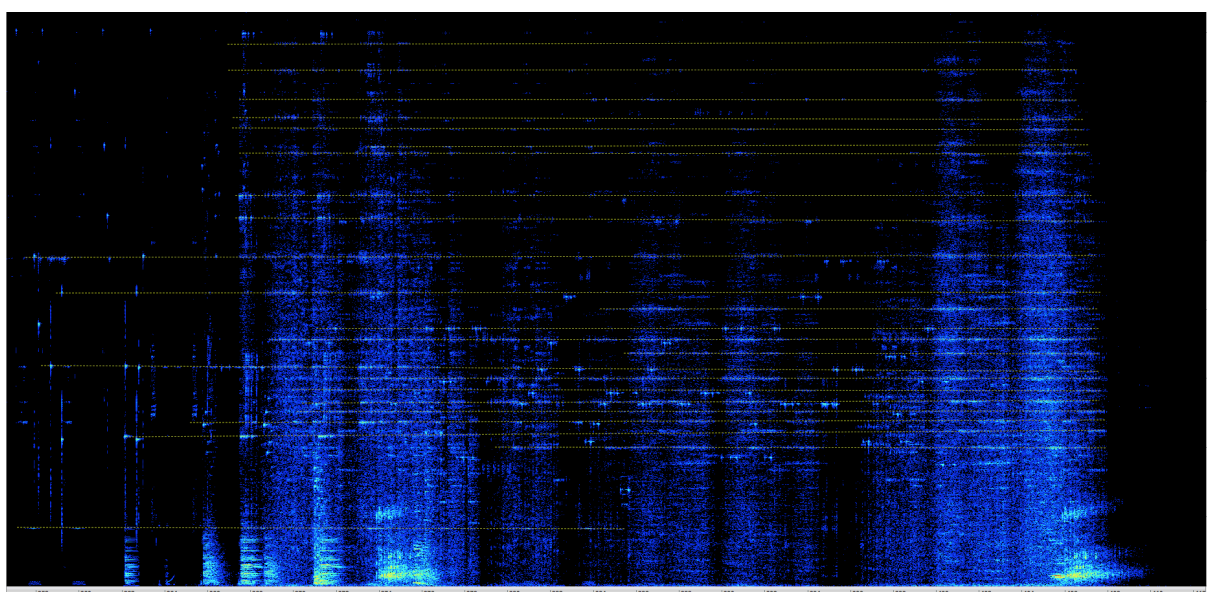


Fig. 84: Sonograma de *Schall* (entre 5'58" e 6'52"): poeira de sons entre os parciais

Na nuvem sonora formada, o espaço frequencial entre os parciais é preenchido por grãos de tamanho ínfimo, de durações bastante curtas, que formam uma poeira de sons, cuja sonoridade se aproxima do ruído branco. Este procedimento se reflete numa sonoridade bastante diferente do exemplo anterior. O fator de variação desta nuvem é dado pela densidade da poeira sonora que preenche o espaço entre os parciais (há momentos mais densos, com maior sonoridade, e outros menos densos, com intensidade bastante sutil, próxima ao silêncio) e também pela quantidade de parciais presentes ao longo do trecho analisado.

De maneira comparativa, discutimos três exemplos da obra acusmática *Schall*, cujo material gerador são sons de piano gravados, nos quais o compositor Horacio Vaggione utiliza ao menos três maneiras diferentes de tratamentos frequenciais (ondulatórios) e granulares. Como o próprio compositor já mencionou em seus textos, sua abordagem composicional eletroacústica é feita a partir de um viés morfológico, através de uma complementaridade entre os fenômenos ondulatórios e granulares, tal como as proposições da mecânica ondulatória implementada por Louis de Broglie (1924). Nesta abordagem, as ondas seriam compostas por inúmeras partículas justapostas lado a lado.

Vaggione demonstra algumas possibilidades composicionais a partir desta constatação, que geram fenômenos acústicos bastante interessantes, tais como, no primeiro exemplo, o estiramento temporal dos grãos através de sua sobreposição frequencial. No segundo exemplo, temos o inverso desta proposição, pois o compositor parte de parciais estirados no tempo, e extrai suas partes até restarem apenas grãos de duração bastante curta, da ordem de milissegundos, tal como os procedimentos para a obtenção dos conjuntos de Cantor. No terceiro exemplo, por sua vez, acordes de piano são estirados temporalmente (*time stretching*) e têm sua composição espectral e seu envelope dinâmico modificados (reversão temporal e convolução), além de terem o espaço frequencial entre os parciais preenchido por uma poeira sonora, constituindo uma nuvem granular.

3.6.2 Articulação entre diferentes escalas temporais

Aqui, trataremos de compreender o processo de granulação através da micromontagem, considerando a escrita instrumental pianística de Vaggione, além da fusão entre o instrumental e o eletroacústico nesta obra. Para tanto, utilizaremos

uma gravação de *Till* (1991) cuja execução foi feita pelo pianista Philip Mead (VAGGIONE, 1995). *Till* é uma obra extremamente complexa, seja do ponto de vista da composição, de sua execução, ou de sua escuta. Ela já foi sujeito de uma extensa análise realizada por Martin Laliberté (“Pistes analytiques pour *Till* d’Horacio Vaggione”, 2005, In: SOLOMOS, *Org.*, 2007, pp. 161 - 225), em que o autor afirma não ter chegado a conclusões finais sobre a obra, apenas apontando pistas analíticas para o seu entendimento.

O que de fato salta aos ouvidos em uma escuta de *Till* é o nível de fusão dos universos instrumental e eletroacústico. Por diversos momentos resulta quase impossível identificar a origem exata da fonte sonora geradora dos sons, se ele provém do instrumento ou do *tape*. Poder-se-ia argumentar que este nível de fusão seria decorrente da utilização de sons de piano que são tratados eletronicamente na construção da parte eletroacústica, no entanto isto não seria suficiente para justificar este fato. O tratamento dos sons gravados do piano, por exemplo, poderia gerar novos sons com sonoridade distante de sua morfologia sonora. No entanto, os sons eletroacústicos obtidos por Vaggione formam uma granulação⁹⁰ quase que ininterrupta que é combinada à granulação instrumental, decorrente da escrita do piano, a qual está formada por “grãos” maiores. Estas duas texturas, quando justapostas e sobrepostas, se fundem de maneira orgânica e natural nos níveis macro e microtemporais, como veremos.

O andamento selecionado pelo compositor é o de semínima igual a 75 (compasso 2/4). Em termos cronométricos, esta pulsação equivale a 800ms, permanecendo durante toda a duração da obra. A partir disso, constata-se que uma colcheia nesta pulsação equivale a 400ms, uma semicolcheia a 200ms, uma fusa a 100ms, e uma semifusa a 50ms⁹¹. Assim, podemos obter uma equivalência temporal entre os grãos eletroacústicos (que em sua maioria apresentam uma duração entre 20 e 100ms) e os grãos instrumentais. Em termos de escuta, através do andamento utilizado, podemos constatar que uma sonoridade granular pode ser obtida com a utilização de valores inferiores à colcheia instrumental, em termos de duração, obviamente combinados ritmicamente de maneira linear e polifônica.

⁹⁰ Dentre as técnicas e efeitos utilizados por Vaggione na composição da parte eletroacústica de *Till*, destacamos os procedimentos de micromontagem, além do *phase vocoder*, filtragem, síntese cruzada e convolução.

⁹¹ Observa-se ainda que, em diversos momentos da partitura, o compositor se utiliza do modo de execução *staccato*, no qual a nota executada deve durar por volta da metade do tempo notado na partitura.

A síntese granular, em linhas gerais, implica em uma incerteza temporal. A respeito do ritmo instrumental em *Till*, Laliberté assevera que o pontilhismo rítmico utilizado por Vaggione provoca discontinuidades perceptivas importantes, verdadeiras catástrofes (no sentido de Thom). Nesse contexto, o ritmo é antes de tudo um tipo de síntese granular macroscópica, e não apenas uma polifonia de pulsações (LALIBERTÉ, 2005, In: *Op. Cit.*, p. 206). Seleccionamos três exemplos da escrita pianística de Vaggione, exibidos nas Fig. 85, 86 e 87, nos quais é criada uma textura granular bastante clara.



Fig. 85: *Till*, compasso 16



Fig. 86: *Till*, compasso 26



Fig. 87: *Till*, compasso 37

No primeiro e segundo exemplos (compassos 16 e 26), temos uma relação contrapontística bastante clara entre as duas vozes do piano, não havendo nenhum ataque simultâneo entre elas. No compasso 16, a mão direita executa figurações (no segundo tempo) em semicolcheia e colcheias, no registro extremo agudo, enquanto que na mão esquerda o movimento é mais rápido. O contraponto entre as duas vozes acontece com a inserção de fusas e semicolcheias (no registro grave), sobrepostas às colcheias da mão direita. No primeiro tempo, a nota com maior duração é executada pela mão esquerda (semicolcheia com dois pontos de aumento), enquanto que a mão direita executa uma semicolcheia em *staccato* seguida de uma colcheia.

O compasso 26 apresenta uma configuração semelhante, com as duas vozes situando-se em registros similares ao primeiro exemplo. O ataque no tempo forte é realizado pelo acorde da mão esquerda na região grave, enquanto que, na mão direita, ocorre uma pausa de fusa. Logo após, nesta mesma voz, há um ataque da altura Si 6, com duração de um tempo (colcheia com dois pontos de aumento ligada a uma fusa), enquanto que, em contraponto à esta estabilidade espectral um pouco mais duradoura, temos três semicolcheias atacadas pela mão esquerda (sendo a segunda pontuada). Como vimos anteriormente, é justamente este jogo de decalagens rítmicas que produz a sonoridade granular do piano, além da utilização de uma alternância de alturas em relação aos grãos. Ressaltamos que as notas em fusa representam grãos de 100ms, as semicolcheias de 200ms, e as colcheias de 400ms. Notas executadas em *staccato* têm sua duração reduzida à metade.

No exemplo 3, compasso 37, por sua vez, temos uma mescla entre um contraponto rítmico (com momentos onde o ataque entre as duas vozes se dá de maneira simultânea), e momentos de homofonia (as duas vozes atacando notas simultâneas com a mesma duração), sempre na região grave do piano, em *fff*. É importante observar também que este é um compasso que apresenta uma escrita bastante complexa e veloz, em termos rítmicos. Há algumas pausas em fusa e colcheia que evidenciam o contraponto, além de momentos em que há semicolcheias contrapostas a fusas. Em relação à homofonia, encontramos ataques simultâneos nas quatro semicolcheias do primeiro tempo, em seus respectivos tempos fortes. No segundo tempo deste compasso, por sua vez, os ataques simultâneos ocorrem em momentos intermediários. Em comparação aos compassos 16 e 26, o compasso 37 apresenta uma complexidade estrutural e variação de possibilidades maior em relação ao ritmo, com momentos em homofonia e outros momentos de contraponto entre as duas vozes, com ambas as vozes situadas no registro grave.

Ademais, o que podemos perceber nestes três exemplos é que a densidade de ataques ou de tempos preenchidos por notas é bastante grande. Em outras palavras, há poucas pausas ou momentos de silêncio nestes três exemplos. Na realidade, esta é uma característica marcante do começo da peça: há uma densidade de ataques ou de notas sustentadas bastante alta, em oposição à granulação existente na parte eletroacústica da obra. Ampliando esta visão, nota-se que a grande densidade de ataques e de preenchimento dos compassos por notas

está presente entre os compassos 1 e 40, até cerca de 1'04". Entre os compassos 41 e 68 (até cerca de 1'58"), notação de *tape cue* nº 4 na partitura (sinal na fita), temos uma oposição a essa sonoridade dentro da escrita pianística. Essa escrita mantém sua complexidade, mas se torna muito mais rarefeita, ou seja, há a presença de muitas pausas entre as notas atacadas pelo pianista, nas duas vozes. O contraponto rítmico entre elas continua existindo, mesclado a momentos em que há um ataque simultâneo, resultando em uma homofonia.

Criamos uma representação gráfica, exibida na Fig. 88, que procura evidenciar esta diferenciação de densidades entre as partes mencionadas (compassos 1 a 40, e compassos 41 a 68). Os momentos em que há som (ataque das notas e sua respectiva duração) são mostrados com uma coloração cinza, sendo que, particularmente, a presença de um ataque é evidenciada pela presença de uma borda em preto nessas figuras. As bordas esquerda e direita sinalizam os limites de duração das notas, sendo que a numeração dos compassos é colocada acima e à esquerda dos mesmos. A divisão dos compassos normalmente é feita por uma linha preta mais espessa, no entanto, quando há notas sustentadas e ligaduras entre duas notas situadas em compassos diferentes, a linha divisória entre eles é suprimida. As durações são expressadas graficamente em segmentos de reta, tal como é mostrado no pequeno gráfico anterior à representação espaço-temporal dos eventos. O maior segmento equivale à uma semínima (800ms) e o menor segmento equivale à uma semifusa (50ms).

Na Fig. 88 pode-se observar que os primeiros doze compassos da obra apresentam muitas notas longas, de duração igual ou superior à semínima⁹², assim como nos compassos 19 e 20. Se olhássemos exclusivamente para estes compassos não imaginariamos que a escrita do piano em *Till* seria baseada no modelo de síntese granular. Nestes compassos notamos a presença de diversos acordes (tal como o acorde inicial da obra, de caráter preponderantemente diatônico, formado por Dó 1, Mi 1, Fá 1, Sol 1, Lá 1, Si 1, Dó 2, Mi 2 Fá 2, que é sustentado por pouco mais de dois compassos e meio). Na realidade, isto evidencia a epistemologia composicional de Vaggione, a qual não é exclusivamente granular, mais sim uma

⁹² O conceito de nota longa é bastante subjetivo já que em uma obra clássica ou romântica uma nota longa estaria mais próxima de uma semibreve. Na música da Renascença ou Idade Média as notas consideradas longas teriam valores maiores ainda: por exemplo a breve (oito tempos) ou a longa (dezesesseis tempos).

abordagem que procura se valer da complementaridade e a indissociação dos modelos granular e ondulatório, como duas faces de uma mesma moeda.

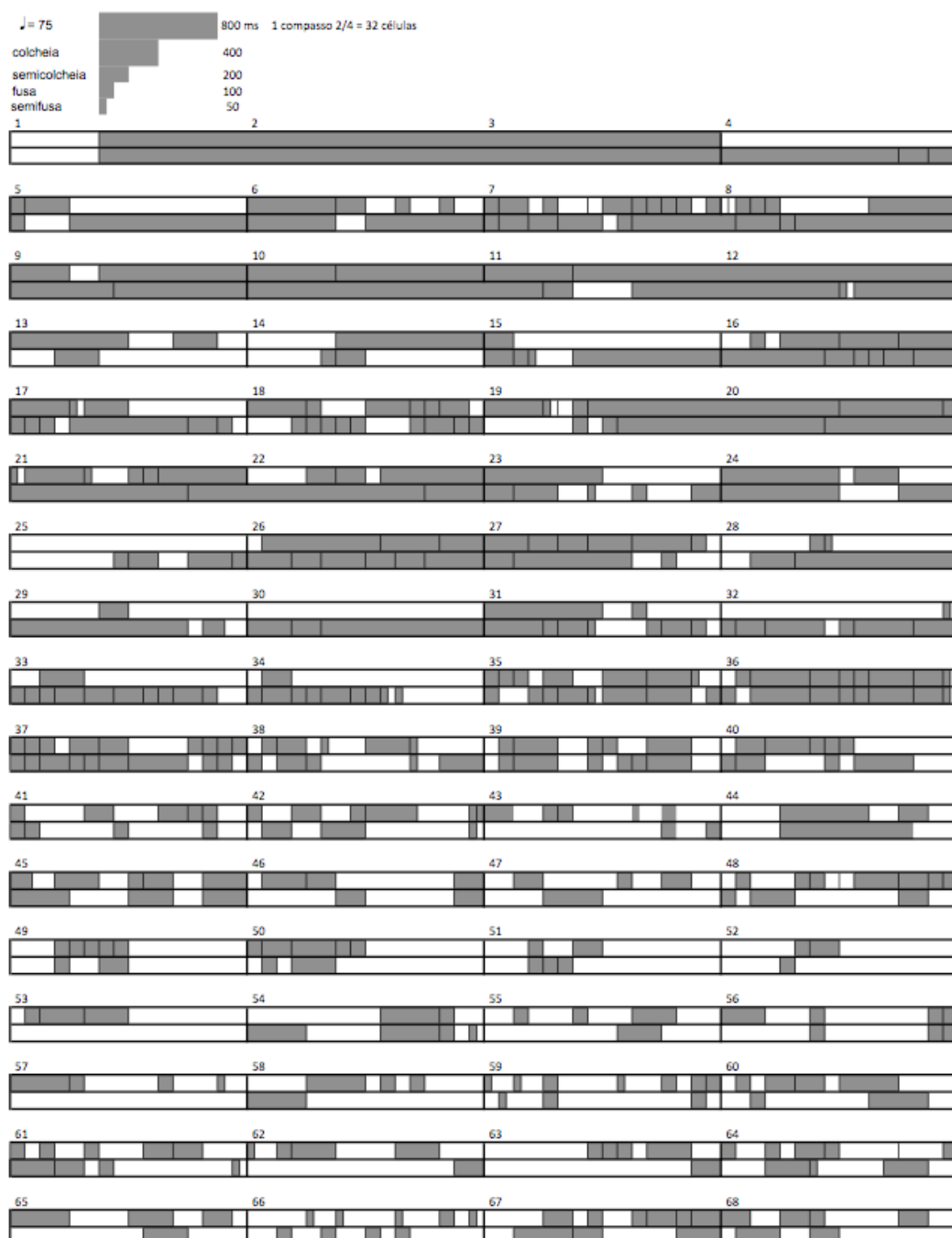


Fig. 88: Representação gráfica temporal de *Till*, dos compassos 1 a 68

Entre os compassos 21 e 40, nota-se a existência de uma granulação construída sobre o ritmos, em contraponto entre as duas vozes, na qual a cor cinza é predominante, ou seja, neste trecho, comparativamente, a escrita apresenta mais notas do que pausas. Este fenômeno se inverte a partir do compasso 41 e se

mantém até o compasso 68, fim de nossa transcrição do ritmo da obra, apresentado na Fig. 88. A partir do compasso 41 notamos muito mais trechos em pausa (normalmente a maioria dos tempos dos compassos), intercalados a ataques de notas de curta duração. Há, portanto, uma rarefação de eventos (ataques) do piano, em comparação ao trecho inicial (compassos 1 a 40) da obra, observável na Fig. 89.

The image displays two pages of a musical score for Philip Mould's 'Montage' by Till. The top page (Fig. 88) covers measures 1 to 40, featuring a piano part with a 'tape start' marking and a 'tape cue: high pitches' marking. The bottom page (Fig. 89) covers measures 41 to 68, showing a more sparse piano part with various dynamics like *p*, *pp*, *f*, and *mf*. The score is written for piano and includes a variety of musical notations such as notes, rests, and dynamic markings.

Fig. 89: Partitura de *Till*, págs. 1 e 5: comparação da escrita do piano (VAGGIONE, 1991)

Esta mesma oposição de escrita do piano pode ser observada na partitura, através de uma visão global das páginas 1 (compassos 1 a 12) e 5 (compassos 49 a 60). Na página 1, pode-se observar a existência de diversas notas que duram mais do que um tempo, além de acordes, à exceção dos compassos 7 e 8 em que há notas mais rápidas (fusas, semicolcheias e suas respectivas pausas). Na página 5, por sua vez, as semicolcheias e as fusas são a maioria, sendo que os tempos longos (acima da semínima) ocorrem nas pausas, ou seja, percebe-se visualmente que há uma rarefação dos ataques do piano. Se fosse feita uma estatística do preenchimento dos compassos em termos de notas, encontramos mais momentos de silêncio do que momentos de sons. Esta estatística seria representativa apenas em relação aos eventos do piano, já que a parte eletroacústica é sempre presente, como podemos observar no sonograma a seguir.

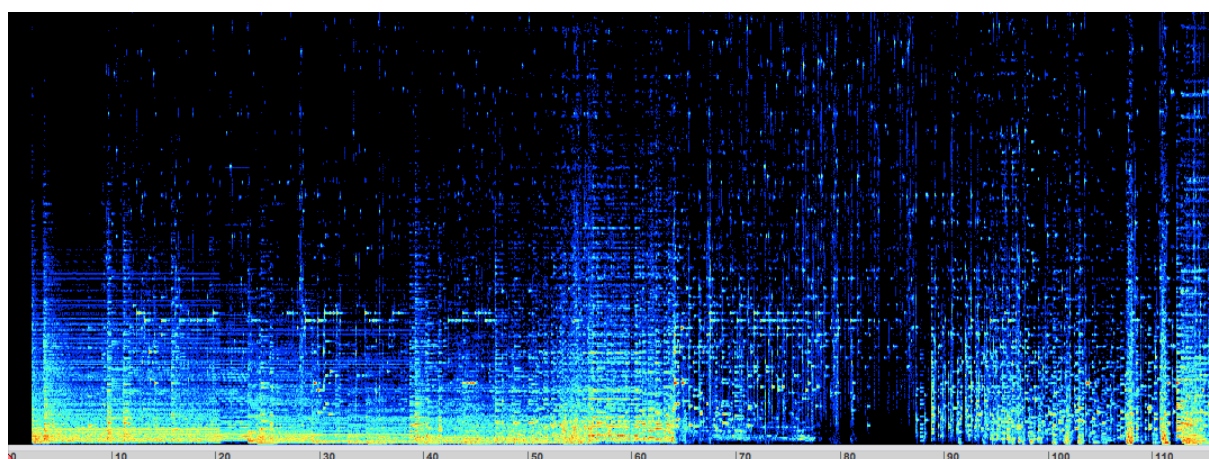


Fig. 90: Sonograma de *Till* entre 0 e 1'52'' (compassos 1 a 68)

No sonograma acima (Fig. 90) observamos a dicotomia contínuo/descontínuo, em relação à totalidade sonora da obra, ou seja, a mixagem existente entre os sons do piano e os sons eletroacústicos. Até cerca de 64'' (compasso 40), notamos uma configuração espectral mais densa, apresentando maior concentração de energia na região médio-grave, além da presença da granulação, que se refere, neste trecho, majoritariamente à parte eletrônica. Esta presença de eventos (sons) contínuos se deve, como vimos, à uma escrita harmônica (acordes) refletida em notas longas (acima de um tempo) no piano, que se contrapõe à sonoridade granular e descontínua da parte eletroacústica.

Entre 64'' e 112'' (compassos 41 a 68), por sua vez, a morfologia sonora resultante se altera consideravelmente. Temos, neste trecho, uma descontinuidade latente confirmada pela granulação instrumental do piano, em conjunto com a granulação da parte eletrônica. A diferença se dá, portanto, não pela oposição morfológica dos sons, mas sim pelo tamanho dos grãos executados. Enquanto que na parte eletrônica os grãos se situam no domínio do microtempo (entre cerca de 20 e 100ms), os grãos instrumentais se situam em uma escala temporal mediana, entre 100 e 400ms. Uma coincidência escalar poderia ser considerada em relação às semifusas do piano (bastante raras), que teriam uma duração estipulada de 50ms, assim como em relação às fusas (estas sim bastante presentes) que apresentariam “em teoria”⁹³ uma duração de 100ms. Percebemos, portanto, uma diferença de identidade morfológica entre os dois trechos do início da obra. Se desejássemos realizar uma segmentação formal, esta seria uma ótima pista para a definição das partes da obra. Esta segmentação se encerra no início do compasso 69, com um ataque de um acorde de cinco notas na região aguda do piano, presente no pentagrama superior da partitura, seguido por outro acorde de três notas na região grave (executado pela mão esquerda), este último com uma decalagem temporal de uma fusa em relação ao primeiro.

Uma outra oposição morfológica do som em *Till* acontece em sua segunda metade, perdurando até o seu final. A partir de 7'18'', compasso 262 (*tape cue* 9b), temos, no nosso entender, o início de um trecho de cadência do piano, a qual pode ser dividida em duas partes. Aqui, o piano detém a predominância do interesse sonoro, acompanhado pela eletrônica que é formada por sons estirados temporalmente, produzidos através do tratamento de *phase vocoder*. A segmentação formal da cadência ocorre em 8'00'', compasso 299 (*tape cue* 11), marcada por um ataque em *fff* do intervalo de sétima maior Dó 2 - Si 2 na mão esquerda, com uma duração de mínima. A partir deste ponto, até o fim da cadência, em 9'18'', compasso 347 (*tape cue* 12), temos uma escrita do piano extremamente densa, a qual percorre todo o teclado do instrumento, com a presença de muitos

⁹³ Dizemos “em teoria” porque não podemos medir exatamente a duração das notas atacadas pelo pianista na gravação. Mas devemos considerar que Philip Mead executou a partitura no tempo estipulado por Vaggione, já que o *tape* da obra não é maleável, e apresenta um tempo fixo. Ou seja, na configuração de música mista existente em *Till* (instrumento e *tape*), diferentemente (em linhas gerais, sem considerarmos as especificidades de cada obra) da música mista com eletrônica em tempo real, o músico possui pouca liberdade temporal, devendo seguir os eventos presentes na parte do *tape*.

acordes e notas extremamente velozes, em dinâmicas que vão de *f* a *fff*. É um trecho de virtuosismo em relação à escrita e à execução pianística. Na segunda parte da cadência, em contraposição à escrita virtuosística do piano, temos, na eletrônica, uma sonoridade novamente granular, formada predominantemente por nuvens de sons cujos centros de energia se concentram no registro médio-agudo.

Em 9'18'', com o fim da cadência, há a última segmentação formal da obra. A partir deste ponto, a sonoridade geral da peça perde a sua densidade anterior, e se caracteriza novamente por uma rarefação de eventos, tanto no instrumento quanto na eletrônica, formada por uma sobreposição de escritas granulares. Esta rarefação, que constitui uma quebra da evolução da cadência do piano, atinge seu ponto crítico no compasso 346, acentuando-se gradualmente até o final da obra, em 12'44'' (compasso 474), momento em que temos apenas algumas poucas notas entoadas pelo piano no registro extremamente agudo (a eletrônica termina alguns compassos antes, em 469). Esta última parte, em que se identifica auditivamente uma série de descontinuidades no interior do som agregado, apresenta uma vetorização em que os eventos granulares se esvaem gradualmente, em direção ao silêncio. Poder-se-ia pensar, neste trecho, a existência de um valor numérico de proporcionalidade que controlasse esta modificação gradual da sonoridade em direção ao silêncio. A seguir, na Fig. 91, apresentamos o sonograma desta parte, de 7'18'' até 12'14'', fim da obra.

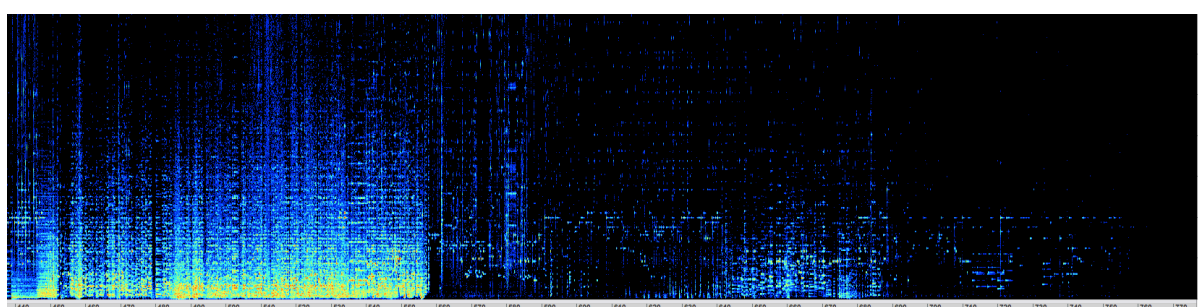


Fig. 91: Sonograma de *Till*, entre 7'18'' e 12'44''

No sonograma, nota-se claramente a diferença de energia espectral, caracterizada pela densidade das cores e pelo preenchimento da área audível, entre a parte cadencial do piano, entre 7'18'' (440'') e 9'18'' (558'') e a última parte da obra, em que há a rarefação dos eventos instrumentais e eletroacústicos. A parte cadencial é bastante mais densa, sendo que o acúmulo de energia espectral, na

região de até 3.000Hz, deve-se principalmente à intensidade da sonoridade do piano, aqui predominantemente entre *f* e *ff*, além do ataque de diversas notas sobrepostas (acordes). As nuvens de sons granulares presentes na segunda parte da cadência, a partir de 8' (480s), preenchem desde o espaço audível entre as notas atacadas pelo piano (espaços entre seus parciais) até as frequências extremamente agudas (sonoridade apenas eletroacústica), preenchendo de maneira orgânica todo o espaço audível de frequências. A partir de 9'18'', há a quebra da continuidade espectral que foi formada no trecho cadencial, o qual atinge seu ponto crítico neste momento. Os sons passam a ser descontínuos e rarefeitos, progredindo gradualmente em direção a uma quantidade de eventos cada vez menor. Entre 640 e 690s, há um leve aumento de ataques e da densidade sonora, a qual volta a diminuir a partir de 690s, de forma gradual até o fim da obra.

Na Fig. 92, propomos uma comparação da escrita do piano entre estes dois trechos, a partir de uma visão geral das páginas 29 e 30 da partitura. Na página 29, temos o trecho entre os compassos 337 e 348, que compreende o fim do trecho cadencial do piano (até o compasso 346) e o início da parte de rarefação de eventos (a partir do *tape cue* 12). Na página 30, temos o início da rarefação sonora, com uma escrita pianística cujos eventos se concentram na região aguda. Outro ponto importante de ser ressaltado nesta comparação entre os dois trechos, os quais apresentam morfologias sonoras diferentes, é a diferença de dinâmica entre as duas partes. O piano tem dinâmica em *fff* a partir do início da página 29 até o fim do trecho cadencial, no compasso 346, além da presença de muitos acordes. Em contrapartida, a partir da segmentação formal, a dinâmica do piano decresce gradualmente e atinge *pp* no final do compasso 352, mantendo-se neste patamar até o final da obra. Ademais, a escrita do piano torna-se bastante menos densa (as pausas são consideravelmente mais frequentes), com eventos pontuais concentrados no registro agudo do instrumento.

The image shows a page of a musical score for the piece *Till* by Horacio Vaggione. The score is written for piano and consists of two pages, 29 and 30. The music is characterized by dense, complex textures with many overlapping notes and rests. The score includes various dynamic markings: *fff* (fortississimo), *ff* (fortissimo), *mf* (mezzo-forte), *mp* (mezzo-piano), *p* (piano), and *pp* (pianissimo). A 'tape cue' is indicated at measure 343. The score is divided into systems, with measures 337, 340, 343, 346, 349, 352, 355, and 358 marked at the beginning of their respective systems. The notation includes many beamed notes, suggesting rapid passages or complex rhythmic patterns.

Fig. 92: Partitura de *Till*, páginas 29 e 30 (VAGGIONE, 1991)

3.6.3 Considerações sobre as obras acusmáticas e mistas de Vaggione

É possível traçarmos alguns paralelos entre as obras *Till* e *Schall*, compostas por Horacio Vaggione no decorrer dos anos 1990, período em que o compositor também escreveu outras peças para piano, tais como *Tahil* (1992), para piano solo, e *Leph* (1993), obra mista para piano e eletroacústica. Tanto em *Till* como em *Schall*, a eletroacústica é realizada a partir de sons gravados de um piano, aos quais são aplicados tratamentos sonoros semelhantes, tais como *phase*

vocoder, convolução, além de uma edição sonora feita de maneira cirúrgica, a já mencionada micromontagem.

O piano, portanto, configura-se como o elemento de base para o processo composicional de ambas as obras. No caso de *Till*, temos a contraposição e a fusão de eventos sonoros (figuras e texturas granulares) produzidos pelo piano à textura granular da parte eletroacústica. Observamos, em nossa análise pontual de *Till*, algumas maneiras através das quais acontece a interação e a fusão entre ambas as partes. Em *Schall*, por sua vez, analisamos como as texturas granulares são produzidas, a partir de diferentes maneiras, por exemplo a partir da decupagem de ressonâncias estáveis de trechos de sustentação de harmonias do piano.

A construção da granulação em *Schall* pode ser pensada de maneira análoga ao princípio dos conjuntos de Cantor, em que dividimos uma reta por diversas vezes em três partes iguais, retirando sempre seu trecho intermediário. Entendemos que as retas, no processo composicional de Vaggione, seriam os regimes de sustentação dos parciais gerados a partir de sons do piano, que são sobrepostos. Estes parciais, que demonstravam um comportamento estável, teriam diversos segmentos extraídos, até restarem somente grãos com ínfimas durações, que são separados entre si por momentos duradouros de silêncio. Confirmamos esse tipo de construção espectral através da percepção da existência de diversos grãos iterados com a mesma altura, espaçados temporalmente. Os parciais contínuos imaginários foram reconstruídos a partir de linhas fictícias que demonstravam sua possível duração.

Neste contexto, através da ideia granulação proposta por Vaggione (em linhas gerais, grãos sonoros distribuídos no tempo e no espaço frequencial), que é criada tendo como pano de fundo uma estrutura espectral estável e contínua no tempo, temos a inversão da ideia de estabilidade dos espectros sonoros. A continuidade, que seria uma característica dos parciais formadores dos espectros sonoros dos sons musicais (seu regime de sustentação) passa a ser atribuída ao silêncio, caracterizado pelo espaço existente entre um grão e outro de mesma altura. As discontinuidades latentes são atribuídas aos sons cuja morfologia fica restrita aos transientes de ataque, devido ao seu caráter extremamente curto, normalmente entre 20 e 100ms, duração que não permite a formação de nenhuma estabilidade espectral perceptível pela nossa audição. O tempo contínuo nessas obras, portanto,

seria o tempo das pausas (ausência de sons); o tempo descontínuo, por sua vez, seria o tempo dos sons extremamente curtos, caracterizados por seus transientes.

Aqui teríamos, assim, a articulação almejada por Vaggione no nível do microtempo. Cada parcial do espectro é tratado como uma estrutura autônoma, aos quais é aplicado um processo de segmentação e extração de algumas de suas partes. Assim é construída a descontinuidade microtemporal neste ambiente. Pode-se também imaginar uma grade formadora de células a partir de sonogramas (similar à noção de *trame* de Xenakis, Cf. Capítulo I, pp. 81 - 82), onde cada parcial constituiria um limite horizontal no nível das frequências, enquanto que a segmentação dos conjuntos de Cantor seria o modelo de divisão do tempo, no eixo vertical. As células, portanto, não possuiriam tamanhos iguais, já que a distribuição dos parciais é variável, dependendo da morfologia espectral do som utilizado no processo.

Este processo evidencia a visão de Vaggione a respeito da complementaridade de elementos granulares e elementos ondulatórios na composição. Ambos os modelos estão intimamente ligados, de maneira praticamente inseparável. Podemos, por exemplo, realizar uma síntese granular ou uma escrita instrumental granular, a partir de um espectro sonoro formado por inúmeros parciais, ao mesmo tempo em que podemos criar uma textura ou sonoridade que é perceptível de maneira contínua a partir da sobreposição e justaposição de uma quantidade extremamente numerosa de grãos, os quais ultrapassam o limite de saturação da escuta.

Finalmente, podemos inferir que a grande forma destas obras de Vaggione não seguem nenhum modelo preestabelecido. Este compositor normalmente cria suas formas musicais de maneira intuitiva, a partir de pequenos elementos que gradualmente se aglutinam, formando objetos sonoros que, por sua vez, articulam-se entre si constituindo a macroforma das obras. Portanto, observamos um movimento emergente do interior do som para seu exterior, e não ao contrário, a imposição de uma forma já estabelecida aos sons que estão sendo trabalhados. As formas de Vaggione se articulam seguindo as noções das catástrofes de Thom, introduzidas no segundo capítulo deste trabalho. Os objetos e suas combinações realizadas no tempo atingem um ponto crítico a partir do qual não podem mais se sustentar como continuidade espaço-temporal, momento em que há uma ruptura, uma quebra de continuidade, a qual abre espaço para a constituição de novas morfologias originadas a partir de novos pequenos elementos, dando início a

um novo processo morfológico. Estes novos elementos, por sua vez, criarão sua pregnância auditiva, a qual será novamente rompida por uma descontinuidade saliente, e assim por diante.

3.7 Considerações sobre a fusão de timbres nos processos apresentados

Neste item, procuraremos relacionar as principais características e realizações composicionais das obras analisadas neste capítulo, a fim de constituirmos um reservatório de técnicas e operações micro e macrotemporais que visam a construção do timbre e a fusão de diferentes espectros, sejam eles contínuos (ondulatórios) ou descontínuos (granulares), além das combinações entre os dois modelos. Ressaltamos que as obras escolhidas para análise de seus processos se devem ao sucesso da implementação de seus objetivos relacionados à fusão de timbres, além da construção e interpolação de diferentes estruturas espectrais. Consideramos, neste capítulo, como pertencentes ao modelo ondulatório as operações que trabalham sobre a harmonia e orquestração, síntese aditiva e modulação em anel. Consideramos como pertencentes ao modelo granular a concepção do som como uma integração de grãos, a síntese granular e a micromontagem.

Em relação à construção do timbre a partir da manipulação de dados harmônicos e orquestrais, analisamos os processos composicionais de *Farben*, terceira das *Cinco peças para orquestra* Op. 16 de Arnold Schoenberg (1909). Nela, observamos uma das primeiras tentativas de simulação da continuidade do timbre, a partir da ideia de *Klangfarbenmelodie*, a conhecida melodia de timbres, processo que é modulado temporalmente a partir de manutenções ou pequenas modificações harmônicas, combinadas a mudanças de orquestração das alturas utilizadas.

Constatamos que esse processo estaria ligado também a uma investigação sobre a relação entre sons e cores, sempre a partir de transições graduais e contínuas, seja no universo sonoro, seja no universo visual. Schoenberg implementava processos análogos às transições sonoras graduais na pintura de seus quadros, através de transições e transformações de cores. É sabido também que Helmholtz, no final do século XIX, também objetivava estabelecer uma relação

entre cores e sons, a partir de equivalências entre os espectros frequenciais sonoro e luminoso. Percebe-se, portanto, que esta era uma questão que suscitava bastante interesse na época. O principal advento, em *Farben*, que levou esta obra a ser exaustivamente estudada pelos compositores e analistas posteriores à Schoenberg, pode ser considerado a fusão dos timbres pelo viés da continuidade e sustentação do espectro sonoro, através de variações harmônicas e orquestrais pequenas e sutis.

No item seguinte, analisamos a simulação do processo de síntese aditiva⁹⁴ na música instrumental, a partir da análise da *Nona das Dez peças para quinteto de sopros* de György Ligeti (1968). Vimos, nessa peça, que quando Ligeti sobrepõe alturas cujos intervalos são a oitava ou o uníssono, o espectro sonoro resultante é relativamente simples, considerando o número de parciais. Na medida em que o compositor começa a trabalhar com uma polifonia baseada em intervalos de segunda maior e menor (e seus relativos intervalos compostos), o espectro resultante torna-se substancialmente mais complexo, já que a quantidade de parciais que integram este som resultante aumenta consideravelmente de quantidade. Ademais, a utilização de intervalos cromáticos produz fenômenos acústicos tais como a audição de batimentos e de sons diferenciais que, no caso da *Peça nº 9*, resultam em sons consideravelmente graves, auditivamente perceptíveis.

A relação e correspondência de operações entre a música eletrônica e a música instrumental em Ligeti é bastante clara. Sua experiência no Estúdio de Colônia nos anos 1950 – local onde se trabalhava a composição de timbres eletrônicos a partir da sobreposição (síntese aditiva) de sons senoidais, e onde ele realizou a composição das obras *Glissandi* (1957), *Artikulation* (1958) e da *Peça eletrônica nº 3*, esta última inacabada – foi fundamental para o desenvolvimento da micropolifonia, técnica composicional que Ligeti passou a utilizar em suas obras instrumentais dos anos 1960, tais como *Atmosphères* (1961), as *Dez peças para quinteto de sopros* (1968) e *Lontano* (1967). Nestas obras instrumentais, podemos encontrar a tentativa da simulação do processos complexos de síntese aditiva na

⁹⁴ Um processo de orquestração de diferentes alturas musicais, tal como ocorre em *Farben*, também não deixa de ser uma operação de adição de espectros sonoros. No entanto, o conceito de síntese sonora ainda não havia sido definido no início do século XX, surgindo no período mais próximo da metade deste século, com o advento dos grandes sintetizadores analógicos. Portanto, não seria correto afirmar que existe síntese aditiva em *Farben*, na medida em que esta técnica não era conhecida na época, existindo apenas o conceito de sobreposição de alturas com o objetivo de construir uma harmonia específica.

sua escrita instrumental, cada obra com particularidades a serem estudadas e analisadas.

O terceiro processo eletroacústico que procuramos relacionar com a música instrumental foi a modulação em anel. No item 3.3, discutimos as atribuições estéticas do espectralismo e analisamos a obra *Treize couleurs du soleil couchant* de Tristan Murail (1978). Dentre as principais implementações das composições espectrais dos anos 1970, ressaltamos o foco no processo (*processus*), o pensamento do contínuo (ambas asseveradas por Murail), assim como a realização de transições graduais no tempo entre dois timbres (processo denominado *grau de mudança*), além da importante ideia de síntese instrumental, ou seja, a simulação de processos da música eletrônica da música instrumental (atribuições de Grisey). A síntese instrumental seria um dos tipos possíveis de tecnomorfismo, uma das principais fundamentações teóricas deste trabalho.

A síntese instrumental em *Treize couleurs* busca a realização de um processo de modulação em anel no ambiente instrumental, ou seja, a adição e a subtração das frequências de um intervalo entre duas alturas, gerando duas novas frequências decorrentes deste processo⁹⁵. As treze cores são na realidade treze intervalos musicais escolhidos por Murail, intervalos que servem de base para as operações da modulação em anel, assim como para a divisão formal da obra, também em treze partes (além da existência de uma introdução). A ideia de continuidade perpassa todos os diferentes níveis temporais da obra (como mencionamos, esta é uma das ideias fundamentais do espectralismo), pois observamos que nos trechos em que os intervalos (cores) correspondem a frequências agudas, temos tempos e andamentos mais rápidos, ao passo que quando os intervalos geradores dos processos correspondem a frequências mais graves, temos seu reflexo temporal em andamentos mais lentos e durações mais estiradas.

Adentrando as operações sobre o modelo sonoro granular, discutimos a concepção do som como uma integração de grãos, a partir da análise da obra

⁹⁵ Ressaltamos que, para que a síntese instrumental exista, em analogia à síntese eletrônica, frequências e alturas musicais são consideradas metaforicamente como equivalentes. O processo de síntese instrumental se baseia na analogia entre os universos eletrônico e instrumental, no entanto sabe-se que uma altura musical não é constituída apenas de uma frequência, ela configura-se como uma estrutura que é formada a partir de uma frequência fundamental (sua altura musical) e de inúmeros parciais que são sobrepostos e que podem ser organizados de maneira harmônica ou inarmônica.

Pithoprakta, de Iannis Xenakis (1955 – 56). Esta obra não pode ser considerada como estritamente granular (fator atribuído às obras de Xenakis *Analogique A e B*, 1958 – 59, e *Concret PH*, 1958), no entanto já possui algumas características que virão a ser anunciadas teoricamente alguns anos mais tarde, no artigo “Musique stochastique markovienne”⁹⁶. Na realidade, *Pithoprakta* é classificada por Xenakis como pertencente à sua música estocástica livre, método caracterizado pela manipulação dos parâmetros musicais a partir de variáveis tais como densidade de sons e ataques em determinado período de tempo, nuvens de sons e transformações contínuas entre dois estados isolados, transformações que são regidas pela ideia de entropia.

Dentre as aplicações práticas da música estocástica livre que encontramos em *Pithoprakta*, destacamos a utilização de técnicas instrumentais com o intuito da produção de determinada morfologia sonora resultante, a qual determinará as características acústicas perceptíveis da nuvem de sons produzida. Portanto, o instrumento e o instrumentista são pensados como indivíduos produtores de células ou microeventos sonoros, os quais, quando somados, constituirão a sonoridade resultante global. Eles são, por este fato, produtores de descontinuidades. O pensamento estocástico, portanto, é um tipo de pensamento que possui a essência da granularidade, diferenciando-se do pensamento harmônico-contrapontístico da composição tradicional. As nuvens de sons produzidas em *Pithoprakta*, por sua vez, são geradas a partir de sonoridades descontínuas das cordas (*staccato*, *gettato* e *col legno battuto*) ou a partir de sonoridades contínuas tais como os *glissandi* e sons de arco *ordinario*, *sul ponticello* e *sul tasto*. Destacamos também nessa obra a análise das principais transições contínuas entre dois estados que foram implementadas, que definem sua macroforma.

O processo denominado síntese granular, que foi realizado digitalmente a partir dos anos 1970, pode ser considerado como um processo de automação que opera a partir algumas das variáveis de construção do som imaginadas por Xenakis, em sua teorização do paradigma granular na música (tamanho e forma de onda dos grãos, densidade de eventos em determinado período, banda de frequências da nuvem gerada, etc.). Analisamos a realização de uma síntese granular instrumental

⁹⁶ In: *Musiques formelles*, 1962, Cap. 2.

a partir de alguns trechos do *Concerto para piano e orquestra* do compositor José Manuel López López (2005), sendo que o próprio compositor afirma que procura simular este tipo de operação eletrônica em suas obras instrumentais. No *Concerto*, temos a criação de diversas nuvens de sons granulares a partir de técnicas instrumentais estendidas, que são realizadas pelas cordas, além da utilização do piano preparado.

Nessa obra, nós consideramos que López López realiza um tipo de síntese granular instrumental, tal como uma ampliação da ideia de síntese instrumental proposta por Gérard Grisey, como um dos fundamentos do espectralismo. Para tanto, o compositor se utiliza, entre outras técnicas, de sons percussivos gerados a partir de golpes no corpo dos instrumentos de cordas, além do abafamento das cordas do interior do piano por um objeto emborrachado, a fim de reduzir drasticamente suas ressonâncias, e valorizando os transientes de ataque deste instrumento. Ademais, sua escrita enfatiza mínimas decalagens temporais entre as vozes, a fim de produzir uma sonoridade rítmica difusa e não sincronizada. Todas estas técnicas combinadas resultam na produção de uma sonoridade granular instrumental com bastante interesse estético.

Não encontramos somente questões relacionadas à implementação da síntese granular instrumental neste *Concerto*. Há também alguns momentos bastante interessantes nos quais é produzida uma fusão espectral entre timbres granulares, tais como as das cordas e do piano mencionados, e timbres ondulatórios, caracterizados pela sobreposição de alturas musicais sustentadas (frequências fundamentais e seus parciais). Dentre as diferentes técnicas relacionadas ao paradigma ondulatório, podemos citar a utilização de surdina nos instrumentos de sopro e o *frullato*, além da fricção de um prato, por parte do percussionista, com um arco de um instrumento de corda, técnica que gera uma sonoridade contínua situada no registro agudo.

Por fim, analisamos a técnica de micromontagem implementada pelo compositor Horacio Vaggione. A micromontagem, como foi abordado, é uma técnica pertencente ao paradigma granular, e realizada a partir de um espectro que foi produzido, no caso das obras analisadas, Schall (1995) e Till (1991), por acordes do piano, mais especificamente em relação aos seus regimes de sustentação. O processo da micromontagem de Vaggione consiste na retirada de segmentos pertencentes ao regime de sustentação dos parciais que formam o espectro sobre o

qual se realiza esta operação, até restarem apenas pequenos pontos sonoros, ou seja, considerando os grãos. O processo de decupagem individual dos parciais é análoga à concepção dos conjuntos de Cantor (influência afirmada em entrevista dada pelo próprio compositor), processo ininterrupto no qual uma reta é dividida em três partes iguais, em que sempre seu segmento do meio é suprimido, sendo que os segmentos gerados também são divididos em três partes idênticas, através da mesma lógica.

Notamos que o processo de composição de Vaggione não deixa de ser derivado e sofrer influências do espectralismo. Sua granulação é produzida a partir de um espectro (instrumental ou não) cuja composição é encontrada através de análises por ferramentas computacionais. A partir da análise dos parciais desses sons, são definidas estratégias de segmentação e extração de trechos de seus regimes de sustentação, a fim de restarem apenas grãos, pequenos pontos sonoros pertencentes ao nível microtemporal. A articulação dos grãos no microtempo é produzida da seguinte maneira: os parciais horizontais são decupados um a um, a partir de diferentes proporções, e transformados em grãos, a fim de gerar a percepção sonora de um campo difuso e descontínuo, desprovido de sincronização rítmica periódica.

Assim, a dualidade quântica onda/corpusculo é substituída, na epistemologia composicional de Vaggione, por uma complementaridade destes dois modelos, que são considerados indissociáveis: existe complementaridade entre o ondulatório e o granular, entre o contínuo e o descontínuo. Ademais, sua preferência por tratamentos tais como o *phase vocoder* e a convolução em suas obras eletroacústicas e mistas evidenciam sua visão interativa e complementar entre as duas concepções, pois estes são tratamentos que operam simultaneamente nos domínios temporal e frequencial dos sons.

Em relação à abordagem de Vaggione na música mista, nota-se um nível de fusão entre os universos instrumental e eletroacústico dos mais altos. No caso de *Till*, as granulações do piano e da parte eletroacústica se confundem, a ponto de apenas após diversas escutas podermos ter certeza da origem exata da fonte sonora dos sons. Este nível de mixagem e fusão atingido entre os dois meios pode ser atribuído à sua abordagem multiescalar da composição. Os grãos eletroacústicos possuem um tamanho menor e sua articulação faz parte do domínio microtemporal da obra, enquanto que os grãos instrumentais do piano (que refletem

sua escrita granular) possuem um tamanho um pouco maior, pertencendo a um domínio temporal intermediário, mesoescalar. No entanto, através do andamento rítmico escolhido e das figuras rítmicas utilizadas na escrita instrumental (no caso de *Till*, fusas e semifusas) é possível promover uma articulação entre diferentes escalas temporais, assim como dos meios instrumental e eletroacústico, a partir de semelhanças em relação ao tamanho dos grãos. O tamanho dos grãos acústicos do piano quando este executa notas em fusa ou semifusa, duram 100 e 50ms respectivamente, durações que adentram o nível microtemporal e se confundem com os grãos eletroacústicos. Esta é mais uma maneira efetiva de produzir a fusão de timbres de diferentes origens.

No próximo capítulo, analisaremos nossas composições eletroacústicas mistas e instrumentais acústicas a partir da mesma metodologia empregada neste capítulo. Utilizaremos, em relação aos processos microtemporais, como categorias classificatórias, os mesmos tipos de síntese eletrônica e instrumental ligados aos modelos sonoros ondulatório e granular. Analisaremos e discutiremos também outras questões temporais e formais das nossas composições, a partir das noções teóricas desenvolvidas no segundo capítulo da tese.

Capítulo IV

Experimentações e resultados composicionais: Aplicação dos processos técnico-conceituais estudados em composições próprias

Neste capítulo final, abordaremos alguns processos de composição ligados aos procedimentos tecnomórficos, de síntese instrumental, e morfológicos estudados ao longo da tese, considerando sua incidência no micro e no macro-tempo. Discutiremos aqui obras compostas entre 2013 e 2016, período no qual desenvolvemos esta pesquisa de doutorado. Dentre as obras analisadas, temos três obras mistas para instrumento solista e eletrônica em tempo real, uma obra para conjunto instrumental e eletrônica em tempo real, além de uma obra para conjunto instrumental e quatro vozes solistas (soprano, tenor, contralto e baixo). As obras, com suas respectivas formações, ano de composição e duração aproximada estão listadas a seguir. As partituras e *patches* estão anexados à tese. Alguns dos procedimentos composicionais empregados nas obras mistas descritos neste capítulo foram publicados em artigos científicos⁹⁷.

Magma (2013), para flauta em Dó e Sol e eletrônica em tempo real, Ca. 10'30"

Oceanos (2014), para saxofone alto e eletrônica em tempo real, Ca. 9'

Poussières cosmiques (2014 - 15), versões 1 e 2, para piano e eletrônica em tempo real, Ca. 7'

Diatomées (2015), para conjunto instrumental (violino, clarone, harpa, percussão) e eletrônica em tempo real, Ca. 6'

Le vide: trois réflexions sur le temps (2015), para quatro vozes solistas (soprano, contralto, tenor e baixo) e conjunto instrumental (flauta, clarinete, tuba, percussão, viola, violoncelo e contrabaixo), Ca. 7'

⁹⁷ ROSSETTI, Danilo, CARVALHO, José. "Oceanos (2014) para sax alto e eletrônica: composição e performance voltadas para a morfologia sonora". In: Anais do XXV Congresso da ANPPOM. Vitória: UFES, 2015.

ROSSETTI, Danilo. "Interação e convergência entre o instrumental e o eletrônico em *Poussières Cosmiques*". In: Proceedings do XV Simpósio Brasileiro de Computação Musical. Campinas: IA-UNICAMP, Sociedade Brasileira de Computação Musical, 2015, pp. 159 - 168.

ROSSETTI, Danilo. "Interaction, Convergence and Instrumental Synthesis in Live Electronic Music". In: Proceedings of the 12th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (IME, ECA-USP). Marselha: The Laboratory of Mechanics and Acoustics, 2016, pp. 209 - 216

Agradecemos aos intérpretes das peças, que as executaram em concertos e ensaios, a seguir nominados.

Sarah Hornsby e Gabriel Rimoldi (*Magma*)

José de Carvalho e Pedro Bittencourt (*Oceanos*)

Adrien Udo, Flávia Cavalcanti e Pedro Brack (*Poussières cosmiques* v. 1)

Sophia Vaillant, Miroslav Georgiev e Alexandre Zamith (*Poussières cosmiques* v. 2)

Ensemble L'itinéraire (*Diatomées*)

Ensemble Vocal Soli Tutti e Ensemble de Musique Contemporaine do Conservatório de Bobigny (*Le Vide*).

A eletrônica das obras nos concertos e ensaios foi realizada pelo compositor, com exceção do concerto *Musiques Mixtes pour le Saxophone* (16/12/2015), no qual a eletrônica de *Oceanos* foi executada por João Svidzinski.

A eletrônica em tempo real das peças mistas foi construída através do programa Max, com uso extensivo da biblioteca HOA (*High Order Ambsonics Library*), desenvolvida pelo CICM (*Centre de recherche Informatique et Création Musicale*) da Université Paris 8. A partir dos objetos dessa biblioteca é possível tratar eletronicamente os sons instrumentais captados através dos efeitos de, entre outros, granulação, modulação em anel, descorrelação microtemporal, *dephaser*, *delay* e convolução. Os efeitos são combinados a uma espacialização em ambissonia de diferentes ordens, que, posteriormente, são decodificados considerando a quantidade de canais de saída.

Nessa pesquisa de doutorado - tal como foi abordado na disciplina *Composition et Recherche*, ministrada pela Prof. Dra. Anne Sèdes, durante nosso estágio de doutorado na Université Paris 8 - as composições (seja em relação à escrita instrumental ou em relação à criação de *patches* em Max ou *PureData*) são um terreno experimental que constitui um meio de testar, demonstrar, provar ou de verificar hipóteses, mas também de construir situações, meios, modelos ou objetos. Procuraremos, a seguir, analisar nossos processos composicionais relacionados às hipóteses teóricas apresentadas ao longo da tese. Assim, analisaremos inicialmente operações microtemporais tais como construção do timbre a partir da harmonia e orquestração, síntese aditiva, modulação em anel e síntese granular. Também analisaremos alguns procedimentos macrotemporais como a definição de alturas através da modulação de frequência, a interpolação de timbres via graus de mudança, além da fusão de timbres instrumentais e a fusão de timbres instrumentais e eletrônicos.

4.1 Timbre, harmonia e orquestração

Neste item, analisamos a possibilidade de construção do timbre a partir da harmonia e da orquestração. Dessa forma, imaginamos a percepção de um timbre formado pela superposição de duas ou mais alturas como um único evento, ou uma única estrutura. Seria uma espécie de fusão obtida tendo como característica a utilização de intervalos menos consonantes (intervalos que não são relativos aos primeiros parciais da série harmônica, tais como oitava e quinta justas, terças e sextas maiores e menores).

4.1.1 *Poussières cosmiques* versão 2, parte 3

Nosso primeiro exemplo é extraído da terceira parte da composição *Poussières cosmiques* versão 2, para piano e eletrônica em tempo real (Fig. 93). No exemplo temos uma escrita pianística que é fundamentalmente baseada em acordes, que são percebidos como “cor”, e formando um único timbre, além de não apresentarem uma direcionalidade harmônica tal como ocorre na música tonal. A escrita privilegiou a sobreposição de intervalos dissonantes, que são combinados também a um pensamento contrapontístico. Nesse exemplo, que associamos ao paradigma ondulatório, faremos referência apenas à escrita pianística. Referências à eletrônica das obras serão feitas em exemplos discutidos posteriormente.

O que se pode dizer, em relação à existência de direcionalidades composicionais, é que há uma tendência de evolução no tempo, em relação às alturas, do registro grave ao agudo e, em relação à dinâmica, de piano (*p*) até *fortississimo* (*fff*). Essas direcionalidades não são exatamente lineares, mas executam os percursos mencionados. Há uma outra direção que é implementada a partir da mudança dos andamentos (que tornam-se gradualmente mais rápidos), construída através de modulações métricas. No compasso 49, temos um andamento de semínima igual a 60. No compasso 61, temos uma transição para o andamento de semínima igual a 75, transição que já é indicada anteriormente ao pianista nos compassos 58 e 60, através das quintinas de semínima. As quintinas já configuram uma aceleração de 60 para 75, andamento este que é atingido no compasso 61. Temos ainda, no compasso 68, uma nova mudança de andamento, para semínima

4.1.2 Magma

O segundo exemplo dessa categoria refere-se à peça *Magma*, para flautas em Dó e Sol, e eletrônica em tempo real. Neste exemplo, ressaltamos a fusão em um único timbre dos eventos das partes eletroacústica e instrumental. Na parte eletrônica, temos um som que dura por volta de 26'', derivado da gravação do compasso 63 do *Prelúdio 2*, Livro I, para piano, de Claude Debussy, intitulado *Voiles*. Este trecho utilizado do *Preludio 2* de Debussy (que foi escrito majoritariamente tendo como base uma escala de tons inteiros - Dó, Ré, Mi, Fá#, Sol#, Lá#) é indicado na partitura, como pode ser observado na Fig. 94.

Os tratamentos eletrônicos utilizados no áudio inicial foram o *time stretching*, a fim de que o novo som atingisse uma duração de 26'', e uma transposição do som original para um semitom acima, com o intuito de obtermos uma transposição da escala de tons inteiros do piano para a seguinte configuração de alturas: Dó#, Ré#, Fá, Sol, Lá, Si. Com esta transposição, temos um alinhamento espectral da parte eletrônica, que se aproxima da construção física da flauta em Sol (privilegiando os harmônicos de seu som de base). O som inicial do arpejo do piano no compasso 66 é um Fá#, que foi transposto para Sol. Ademais, ao som tratado, aplicamos um filtro passa baixos que apresenta um ponto de corte em 1.500Hz, com pico de ressonância em 392Hz, equivalente a um Sol uma oitava acima do Sol, base do arpejo transposto do piano. A seguir, na Fig. 94, temos o sonograma e a partitura deste trecho de *Magma*.

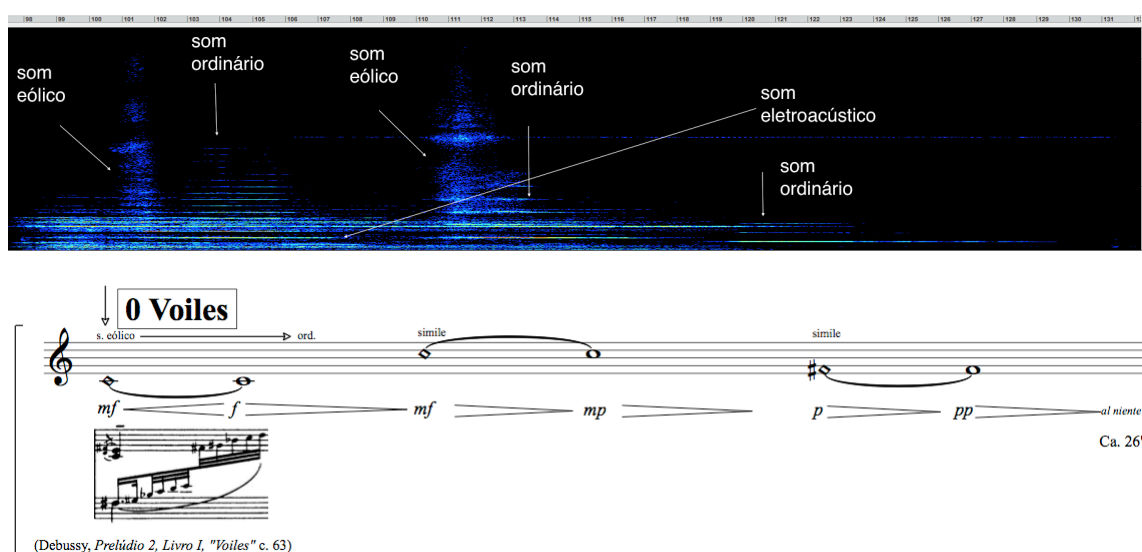


Fig. 94: Fusão de timbres em *Magma* (p. 4, 2º sistema) entre 1'38'' e 2'11''

O som eletroacústico, como pode ser percebido no sonograma, apresenta um ataque sutil, crescimento moderado, longo regime de sustentação, e uma extinção gradual e também sutil. A fim de promover a fusão tímbrica entre o som eletroacústico e o som executado pela flauta, optamos por combinar o som eletroacústico com o som eólico da flauta, no qual temos a predominância do som de ar, em relação à altura entoada. O som eólico da flauta, por sua vez, tem uma transição gradual para o som ordinário do instrumento, relativo à altura executada. Ressaltamos que a escrita da flauta em Sol é transposta, sendo o som real uma quarta justa mais grave do que o som escrito. Portanto, temos, de fato, a presença das seguintes alturas: Sol 3⁹⁸ (196Hz), Sol 4 (392Hz) e Dó# 4 (277Hz).

As anotações no sonograma da figura referem-se à presença dos modos de execução eólico e ordinário da flauta, onde nota-se a transição gradual que ocorre entre estes modos. O modo eólico possui uma morfologia espectral semelhante ao ruído (característica de nuvem) enquanto que o modo ordinário apresenta uma distribuição espectral harmônica, com os parciais da altura fundamental distribuídos proporcionalmente. A massa espectral contínua que se situa abaixo dos 2.000Hz corresponde ao som eletroacústico, com ataque e extinção sutis. A fusão dos sons instrumental e eletroacústico decorre da percepção auditiva de apenas uma estrutura formada pelo amálgama sonoro obtido. Podemos argumentar que a fusão foi possível devido à permeabilidade individual dos sons, ou ainda porque eles ocupam diferentes áreas do espectro. Mais ainda, a fusão ocorre devido às similaridades espectrais entre os sons instrumental e eletroacústico combinados. O som da flauta transita entre o ruído e o som harmônico, enquanto que o som eletroacústico apresenta uma configuração espectral inarmônica, teoricamente um meio termo entre a oposição existente entre som harmônico e ruído, além de possuir parciais frequencialmente similares ao som instrumental. A exceção se dá em relação ao Dó#, última altura entoada pela flauta neste trecho, que é atacado pelo instrumentista no momento de extinção do som eletroacústico. Este som, por sua vez, apresenta intensidade bastante fraca (permitindo que a flauta soe praticamente só), não chegando a promover uma segregação ou fissão entre as duas estruturas.

⁹⁸ Adotamos o Dó central (261,62Hz) como Dó 4.

4.2 Síntese aditiva

Neste item, discutiremos o modelo de síntese aditiva como sobreposição de parciais, a fim de constituir um agregado sonoro que evolui temporalmente (um timbre). Abordaremos inicialmente um exemplo de nossa obra *Le vide*, para quatro vozes solistas e conjunto instrumental, a fim de analisarmos um trecho similar àquele referente à técnica de síntese aditiva a partir de instrumentos acústicos, empregada por Ligeti, tal como discutimos no Capítulo III (uma aplicação do princípio da síntese aditiva na música instrumental). O exemplo extraído de Ligeti, referente à *Nona* das *Dez peças para quinteto de sopros*, aborda uma maneira de empregar cromaticamente sobreposições de três alturas, a fim de variar as quantidades de parciais presentes no agregado sonoro resultante. Sobreposições de segundas e sétimas maiores e menores, além de trítonos (e seus relativos intervalos compostos) produzem agregados sonoros mais espectralmente densos, ao passo que sobreposições de oitavas e uníssonos geram um som resultante menos denso e mais permeável.

4.2.1 *Le vide*

Apresentamos um exemplo instrumental referente aos compassos 82 e 83 de nossa obra *Le vide*. Nele, temos a sobreposição de três alturas cromáticas (considerando a possibilidade de intervalos compostos) nas cordas, o Ré 3 (146Hz) tocado pelo contrabaixo (altura real), Ré# 5 (622Hz), tocado pelo violoncelo, e Mi 5, (659Hz) tocado pela viola, além de uma nota em trilo na tuba, o Sol 4 três quartos de tom acima. Temos também a ressonância sustentada pelo pedal de um trêmolo de quinta justa executado pelo vibrafone, precedido de um arpejo de nove semicolcheias ascendentes, em *accelerando* (Fá# 3, Lá 3, Dó 4, Ré 4, Ré# 4, Fá# 4, Sol# 4, Si 4 e Dó# 5), eventos estes que acontecem no compasso anterior. Esse exemplo, que procura abordar a possibilidade da síntese aditiva de parciais em seu viés instrumental, pode ser observado na Fig. 95, na qual temos o sonograma e a partitura do trecho de *Le vide* (c. 82 e 83). No sonograma, procuramos identificar as

frequências (em *Hertz*), em seu regime de sustentação, dos parciais que compõem este agregado sonoro.

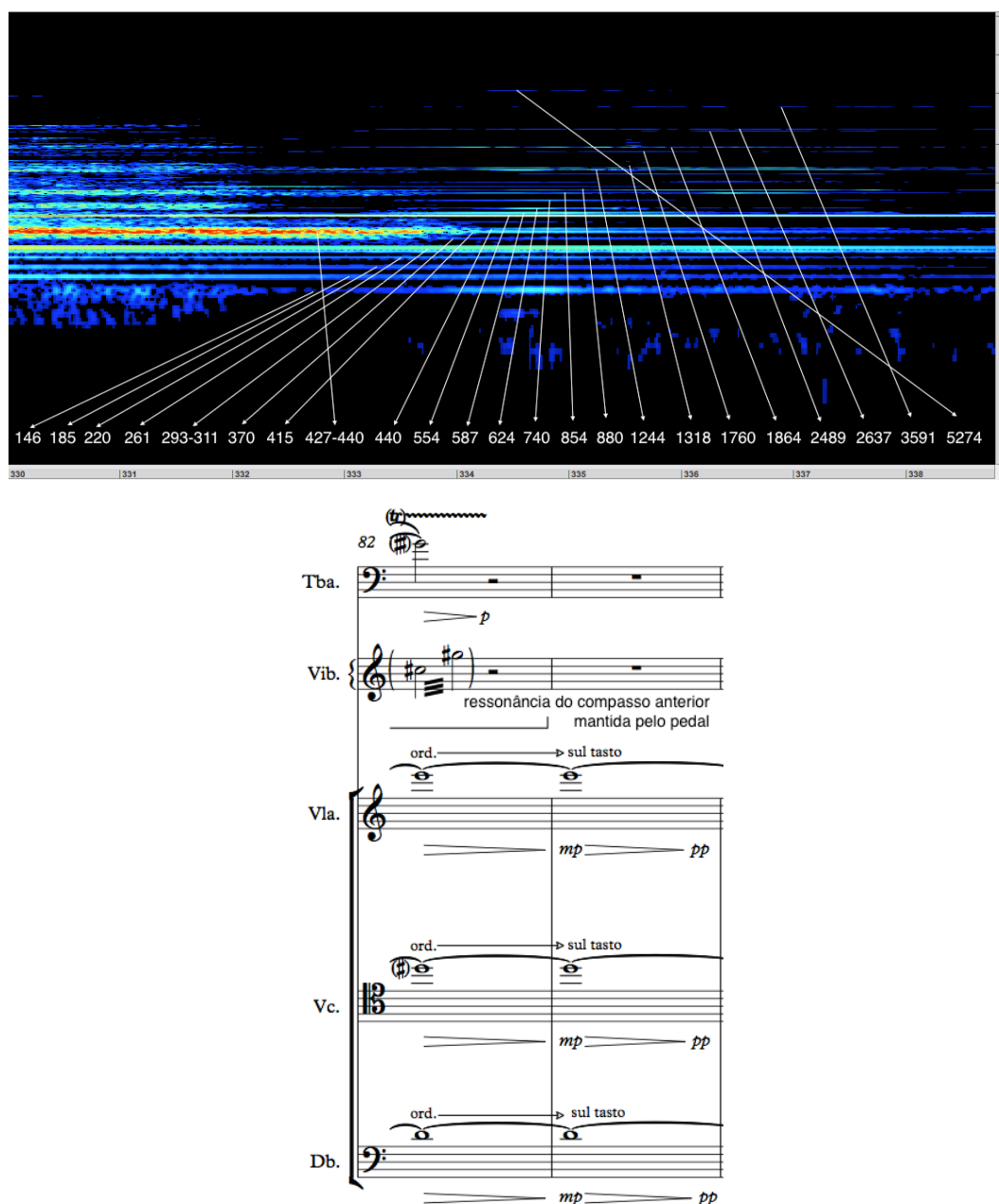


Fig. 95: Síntese aditiva em seu viés instrumental. *Le vide*, c. 81 e 82 (5'30" a 5'38"). Sonograma com distribuição frequencial logarítmica

A informação fornecida pela partitura, em relação às alturas, corresponde à descrição realizada no compasso anterior. Podemos adicionar, considerando as cordas, que temos uma transição gradual entre os modos de execução *ordinario* e *sul tasto*, ao longo do compasso 82, provocando uma mudança no timbre produzido por estes instrumentos. Em relação à intensidade, há um *decrescendo* entre *mf* e

mp, entre os compassos 82 e 83, e de *mp* a *pp*, ao longo do compasso 83. Em relação à tuba, que executa um trilo de um semitom a partir da nota Sol 4 três quartos de tom acima, temos um *decrescendo* de *mf* a *p* ao longo dos dois tempos de sustentação desta nota, indicados no compasso 82. Este trilo, com variação de um semitom, resulta num maior âmbito de preenchimento do espaço frequencial referente à esta altura. Observa-se, neste sentido, que há uma fusão que abrange o espaço frequencial entre Sol 4 três quartos de tom e Lá 4 um quarto de tom. Esta estrutura é percebida como um único timbre, e não como duas alturas que se intercalam rapidamente. O agregado sonoro total, correspondente aos compassos 82 e 83 de *Le Vide* (5'30" a 5'38" de sua execução), é formado pelos parciais derivados da frequência fundamental e dos primeiros parciais das alturas executadas pelas cordas e pela tuba, além das frequências fundamentais relativas às alturas executadas no compasso anterior pelo vibrafone, sustentadas pelo seu pedal. O valor, em *Hertz*, dos parciais em destaque no sonograma e sua origem, referentes à performance de *Le vide* em 12 de abril de 2016, são descritos na Tab. 10.

Parcial (Hz)	Origem
146	Ré 3, frequência fundamental do contrabaixo
185	Fá# 3, executado pelo vibrafone
220	Lá 3, executado pelo vibrafone
261	Dó 4, executado pelo vibrafone
293 - 311	Fusão entre Ré 3, executado pelo vibrafone, segundo harmônico do contrabaixo, e Ré# 4, executado pelo vibrafone
370	Fá# 4, executado pelo vibrafone
415	Sol# 4, executado pelo vibrafone
427 - 440	Sol 4 3/4 de tom, executado pela tuba em trilo de um semitom, e Lá 4, terceiro harmônico do contrabaixo
554	Dó# 5, executado pelo vibrafone em trilo
587	Ré 5, quarto harmônico do contrabaixo
624	Ré# 5, frequência fundamental do violoncelo
740	Fá# 5, terceiro harmônico do contrabaixo
854	Sol 5 3/4 de tom, primeiro harmônico da tuba
880	Lá 5, terceiro harmônico do contrabaixo
1244	Ré# 6, segundo harmônico do violoncelo
1318	Mi 6, frequência fundamental da viola
1760	Lá 6, sexto harmônico do contrabaixo
1864	Lá# 6, terceiro harmônico do violoncelo
2489	Ré# 7, quarto harmônico do violoncelo
2637	Mi 7, segundo harmônico da viola
3951	Si 7, terceiro harmônico da viola
5274	Mi 8, quarto harmônico da viola

Tab 10: Parciais presentes no agregado sonoro entre os compassos 82 e 83 de *Le vide* (5'30" a 5'38")

Ainda em relação ao sonograma, a propriedade de fusão de dois ou mais parciais entre si formando uma única estrutura, acontece em dois locais: entre Ré 3 e Ré \sharp 3, 293 e 311Hz, e entre Sol 4 $\frac{3}{4}$ de tom acima e Lá 4, 427 e 440Hz. Estes dois locais de fusão se referem ao âmbito de um semitom cromático (Ré - Ré \sharp e Sol $\frac{3}{4}$ - Lá $\frac{1}{4}$), e situam-se na oitava central. Ademais, o segundo local de fusão se refere à execução do trilo da tuba, a partir do Sol $\frac{3}{4}$ de tom acima, com o âmbito de um semitom. Esse tipo de fusão, no entanto, não ocorre em oitavas superiores, mesmo quanto temos intervalos semelhantes, como por exemplo entre Ré 5 e Ré \sharp 5 (587 e 624Hz), e Sol 5 $\frac{3}{4}$ de tom acima e Lá 5 (854 e 880Hz, âmbito de um quarto de tom). Nestes locais, como pode se observar no sonograma, os parciais encontram-se espaçados entre si.

Sendo assim, considerando a relação entre altura sonora e frequência, que não evolui de maneira linear, pode-se dizer que intervalos cromáticos (ou de quartos ou oitavos de tom) de alturas mais graves (até por volta de 500Hz) apresentam uma maior condição de fusão, pois o espaço frequencial entre eles é menor. Como decorrência dessa fusão, os intervalos passam a ser percebidos como uma única estrutura. Por outro lado, intervalos cromáticos (ou menores) de alturas que se referem à frequências acima deste valor apresentam maior tendência a serem percebidos como eventos separados, ou seja, duas ou mais estruturas. Este fator também depende da técnica instrumental de execução utilizada. Por exemplo, trilos, trinados, *frullati*, *écrasés*, entre outros, geram alturas com maior porção de transientes, tornando seu espectro mais difuso. Assim, estas técnicas agregam maiores condições de fusão espectral dos intervalos.

4.2.2 *Magma*

A noção de permeabilidade, cunhada por Ligeti, é definida como a propriedade de um determinado som de se fundir com outros sons em uma única estrutura, sem que as principais características de cada som sejam mascaradas. Esta definição nos auxiliará a analisar este exemplo selecionado, o trecho de *Magma* entre os compassos 58 e 63, p. 8 da partitura. Em relação à noção de permeabilidade, quanto mais espectralmente denso for um som, mais alto tenderá a ser seu grau de permeabilidade. Como consequência, ele tem menos possibilidade

de fusão com outros sons (sem haver mascaramento). Por outro lado, quanto mais “transparente” for um som, menor grau de permeabilidade ele possui e, conseqüentemente, mais possibilidades de fusão com outros sons são possíveis, sem que as características morfológicas iniciais de cada som sejam mascaradas.

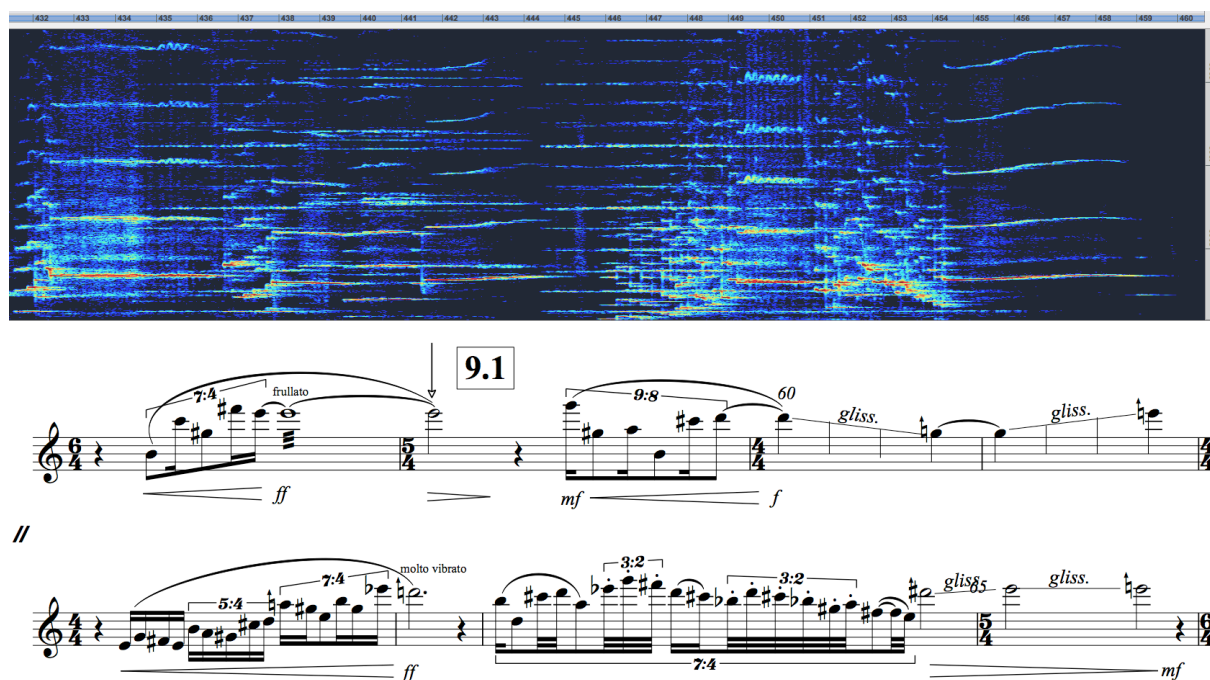


Fig. 96: Permeabilidade entre estruturas instrumental e eletroacústica calcadas no modelo ondulatório em *Magma* (c. 58 a 64, 7'12" a 7'40")

O som da flauta, neste exemplo de *Magma* (aqui utiliza-se a flauta em Dó), mesmo em seus efeitos mais ruidosos como o *frullato* ou o trilo, apresenta um som bastante límpido, harmônico (com seus parciais claramente distribuídos proporcionalmente no espaço frequencial) e com um ataque relativamente sutil, tal como observamos no sonograma da Fig. 96. Uma análise de seu envelope dinâmico demonstra a existência de poucos transientes de ataque e muitos parciais contínuos sustentados. Desse fato decorre seu baixo grau de permeabilidade. Em *Magma*, os sons eletroacústicos são tratados em tempo real a partir da captação do som de trechos da obra ao longo de sua execução, ou gravados previamente. No trecho analisado, o som eletroacústico decorre de um trecho da execução da flauta captado entre os compassos 44 e 46 (Fig. 97), ao qual são aplicados um filtro ressonante passa-baixos, um efeito de granulação e um *dephaser*, além de haver uma espacialização em até oito canais (além da ordem de ambisonia empregada, a qual indica a quantidade de harmônicos esféricos em que o som será codificado, para

posterior decodificação, considerando a quantidade de alto-falantes disponíveis para a difusão sonora).

Nesse exemplo, consideramos que a síntese aditiva ocorre pela sobreposição do som acústico da flauta ao som gravado do mesmo instrumento, tratado eletronicamente. Devido ao fato dos dois sons possuírem características essencialmente ondulatórias (mesmo após a utilização de um granulador no som tratado eletronicamente), podemos observar a formação de um som resultante que pode ser analisado a partir da somatória dos parciais dos dois sons iniciais. No sonograma da Fig. 96, é possível observarmos com clareza a sobreposição de parciais do som acústico da flauta, normalmente em primeiro plano, aparecendo com maior intensidade. Os sons eletroacústicos se configuram como um fundo (considerando a oposição ou complementação figura/fundo da *Gestalt*) para as estruturas executadas pelo instrumento, sua massa espectral apresenta uma característica um pouco mais difusa, com seus parciais não podendo ser definidos com tanta clareza.

Os sons eletroacústicos difundidos ao longo da sequência presente na Fig. 96 são elaborados a partir da gravação do trecho entre os compassos 44 a 46 da própria obra (Fig. 97), e difundidos a partir do compasso 59 (indicação 9.1 da partitura). Este trecho instrumental entre os compassos 44 e 46 corresponde principalmente à altura Mi 5 (659Hz) sustentada, que é entoada por duas vezes, a primeira desembocando num multifônico que tem como base este mesmo Mi um quarto de tom acima (678Hz), e a segunda, após três tempos, apresentando também a nota Lá 4, que é cantada pelo flautista ao mesmo tempo em que executa a outra nota no instrumento.

Em relação aos tratamentos eletrônicos realizados no Max, o som original é transposto uma quinta justa acima através do objeto *pitchshift~*, e submetido a técnicas de filtragem (filtro passa baixos), através do objeto *hilbert~* a 1.000Hz. Logo após, temos um granulador (objeto *hoa.syn.grain~* da biblioteca HOA) que apresenta valores operacionais de 150ms para o tamanho de grão, 3'' para o *delay*, 0,99 para o *feedback* e 0,4 para a taxa de rarefação. Devido à utilização, neste trecho, de um tamanho do grão relativamente grande, com uma taxa de rarefação mediana, além de *delay* e *feedback* em grande quantidade, o som eletrônico mantém a característica contínua do som captado da flauta sem os efeitos, porém com uma densidade espectral mais elevada que o som instrumental.

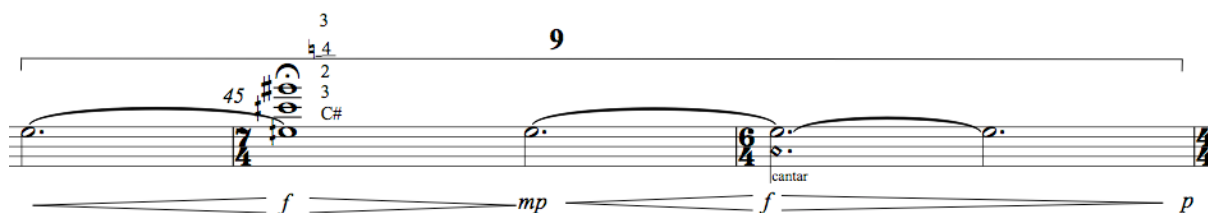


Fig. 97: Trecho instrumental de *Magma* gravado, tratado eletronicamente e difundido a partir do c. 59

4.3 Modulação em anel

Neste item, discutiremos e analisaremos o procedimento da modulação em anel (tal como foi definido nos capítulos anteriores deste trabalho), considerando o ambiente da música mista. Porém, não abordaremos a modulação em anel instrumental tal como um princípio tecnomórfico de geração de alturas, como Grisey e Murail, o fizeram em algumas de suas obras (anteriormente abordadas neste trabalho).

Nossa abordagem experimental foi feita a partir dos princípios de interação (MENEZES, 1997; 1998; 2002) e convergência, onde procuramos relacionar alguns tipos de escrita instrumental (considerando distintos instrumentos) com processos eletroacústicos ondulatórios e granulares (no caso da modulação em anel, a partir da nossa fundamentação, temos um processo de caráter ondulatório). No contexto deste tratamento eletroacústico, apresentaremos dois exemplos, o primeiro de nossa obra *Oceanos*, e o segundo, de *Poussières cosmiques*, neste exemplo discutindo o mesmo trecho dessa obra abordado anteriormente, porém, nesse momento, com uma análise pautada estritamente nos procedimentos eletrônicos. Em ambos os exemplos, utilizamos o modulador em anel do objeto *process~hoa.syn.ringmod~*, incluído na biblioteca HOA, objeto pertencente ao Max.

4.3.1 Multifônicos em *Oceanos*

O primeiro exemplo apresentado é um trecho da obra *Oceanos*, em que há a execução, por parte do saxofonista⁹⁹, do efeito conhecido como multifônico. No exemplo (Fig. 98), o multifônico executado é combinado ao tratamento eletrônico de modulação em anel. A combinação foi pensada com o intuito de se obter uma

⁹⁹ Gravação executada por Pedro Bittencourt.

interação morfológica entre os meios instrumental e eletroacústico. O efeito do multifônico, produzido pelos instrumentos aerofônicos, tem uma configuração espectral que é organizada a partir de uma superposição de parciais, análoga à descrição ondulatória do som. A modulação em anel, similarmente, é um procedimento eletrônico através do qual duas ondas (uma portadora e outra modulante) interagem, gerando novas frequências que são a adição e a subtração das ondas (frequências) que fazem parte dessa operação. Na interação entre instrumento e tratamento eletrônico, em teoria, para cada parcial presente no som executado pelo instrumento, há a produção sintética de dois novos parciais, resultado da soma e da diferença entre a frequência do parcial instrumental e a frequência modulante estabelecida.

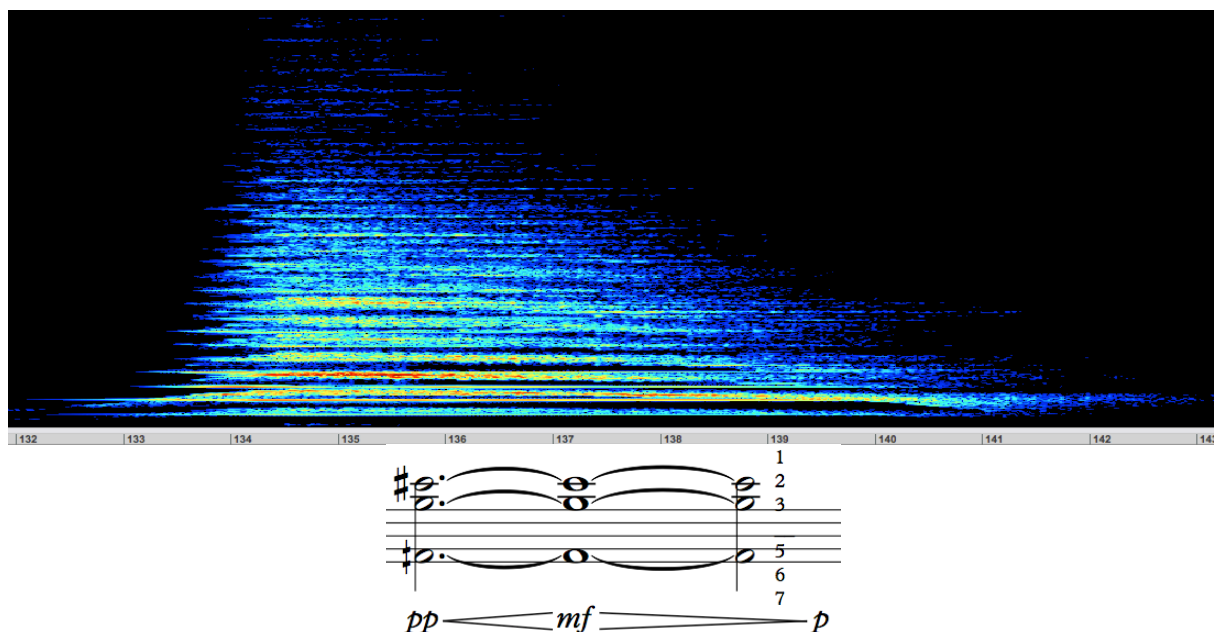


Fig. 98: Multifônico em *Oceanos* e modulação em anel, sonograma e partitura (2'09" a 2'25", p. 4)

Neste exemplo, a onda portadora é o som captado do saxofone, e a onda modulante foi estabelecida em 13,36Hz, frequência correspondente (em termos de oitavas) à altura Sol três quartos de tom acima, base do multifônico executado (a notação da partitura é transposta, pois o sax alto soa uma sexta maior abaixo do som escrito). É também necessário mencionar que quando utilizamos frequências modulantes abaixo de 20Hz, nossa escuta se situa no domínio da percepção rítmica. Dessa maneira, a partir dos valores atribuídos às variáveis utilizadas, obtém-se um efeito rítmico de modulação de amplitude conhecido como trêmolo.

Nota-se, observando o sonograma da Fig. 98, que os primeiros parciais referentes à fusão em um único timbre do som instrumental produzido pelo multifônico do saxofone, e tratado pelo efeito da modulação em anel, apresentam um regime de sustentação bastante linear (iniciando em 2'09"). A própria escrita instrumental das intensidades contribui para este fato, pois o multifônico se inicia em *pianissimo*, cresce até *mezzo-forte*, e, logo a seguir, diminui de intensidade até *piano*. Sendo assim, iniciando-se com um nível de intensidade sonora muito baixo, acaba-se por minimizar os transientes de ataque que poderiam ser percebidos no som instrumental, caso houvesse um ataque com maior intensidade. Algo similar acontece na extinção do som, que também ocorre de maneira bastante sutil (*piano*). A escrita instrumental, neste trecho, valoriza o regime de sustentação do timbre produzido, local onde se dá a fusão entre os diferentes timbres (neste caso, timbres instrumentais e eletroacústicos).

O efeito do trêmolo (decorrente da modulação em anel) de fato começa a ser percebido e visualizado no sonograma a partir de 2'12". É interessante notar também que o aparecimento de todos os parciais instrumentais referentes ao multifônico executado não é automático. Leva-se alguns segundos até que a sonoridade completa seja atingida. A partir de 2'12", devido ao trêmolo, o regime de sustentação dos parciais começa a se tornar relativamente difuso (com uma espessura que abrange um espaço frequencial maior). O som do saxofone, caso soasse em seu modo *ordinario* e sem a utilização de nenhum efeito eletrônico, teria uma configuração espectral dividida de acordo com a série harmônica, ao longo do seu regime de sustentação. Através da utilização do modulador em anel, de acordo com valores estabelecidos, estes parciais que teriam uma configuração linear passam a ter uma configuração difusa, aumentando a área preenchida do espectro audível de frequências, além de fazer com que o som produzido como resultado desta fusão tenha maior massa espectral. Neste sentido, o efeito eletroacústico utilizado provoca uma modulação no timbre do som produzido pelo saxofone, devido ao aspecto de fusão das duas estruturas.

4.3.2 Poussières cosmiques versão 2, parte 3

Neste trecho de *Poussières cosmiques*, cuja parte instrumental já abordamos no item 4.1.1, utilizamos dois tipos de tratamentos eletrônicos:

modulação em anel e *delay*, em suas versões do objeto *process~* HOA, denominados *hoa.syn.ringmod~* e *hoa.syn.delay~*. Entre os compassos 49 e 72, os valores referentes à frequência modulante e ao fator de difusão¹⁰⁰ do modulador em anel, além do tempo de *delay* e do *feedback*, são alterados gradualmente, a fim de proporcionar uma interação coesa e orgânica com a escrita instrumental. Ao longo deste trecho, seis *presets*, contendo os valores referentes às quatro variáveis mencionadas, foram estabelecidos. Estes *presets* são interpolados gradualmente no tempo, considerando o valor do tempo cronométrico equivalente a quatro semínimas, relativas aos andamentos existentes no momento de cada interpolação. A seguir, apresentamos uma tabela contendo os valores numéricos destas variáveis, além do andamento e tempo de interpolação entre os parâmetros.

Preset	Compassos	Freq. Mod. (Hz)	Fator Dif.	Delay (ms)	Feedback	Andamento	Interp. (ms)
3.1	49-51	5	0,5	180	0,2	60	4.000
3.2	52-54	9	0,6	180	0,2	60	4.000
3.3	55-58	9	0,7	240	0,25	60	4.000
3.4	59-63	13	0,7	210	0,25	60, 75	3.200
3.5	64-68	15,6	0,85	240	0,3	75, 94	2.550
3.6	69-72	19	0,9	240	0,35	94	

Tab 11: Valores numéricos das variáveis musicais de *Poussières cosmiques* (compassos 49 e 72)

Da mesma forma que no exemplo de *Oceanos*, a frequência modulante relativa ao processo de modulação em anel foi estipulada em valores que se encontram abaixo dos 20Hz, produzindo um efeito de trêmolo no som tratado (modulação de amplitude). Também temos a aplicação de um *delay* de curta duração, não excedendo 240ms, com *feedbacks* (taxa de reinjeção do som no sistema) que geram repetições relativamente curtas. Estes *delays*, juntamente com a modulação em anel utilizada, produzem no som do piano essencialmente uma modulação no seu timbre. Como já foi mencionado no item 4.1.1, no caso da escrita pianística, a disposição dos acordes não nos remete à nenhuma função harmônica,

¹⁰⁰ A variável “fator de difusão” (*diffusion factor*) está presente em modalidades do objeto HOA *process~* tais como modulação em anel, granulação e descorrelação microtemporal. O fator de difusão está relacionado à espacialização em ambissonia do som eletroacusticamente tratado. Sua variação ocorre entre 0 e 1, e exprime a relação entre um campo sonoro direto (som proveniente de uma fonte pontual) e um campo sonoro difuso (som cuja fonte sonora não é identificável espacialmente por nossa escuta) que se espalha pelo espaço de difusão acústico da obra num âmbito de 360°.

pois não existe hierarquia funcional entre eles, os quais são fundamentalmente percebidos como diferentes cores.

Apesar de não existirem direcionalidades harmônicas nesse trecho, já apontamos, em relação à escrita instrumental, a existência de direcionalidades de intensidade (*p - fff*), de andamento (*accelerando*, através de modulações métricas entre semínima igual a 60 e semínima igual a 94), além de uma direcionalidade do registro de alturas, partindo do grave, em direção ao agudo. Na Tab. 11, ao analisarmos os valores atribuídos às variáveis dos tratamentos eletroacústicos da modulação em anel e do *delay*, também notamos a existência de direções que conduzem estes efeitos nesse trecho da peça. A memorização dos *presets* e a interpolação temporal entre eles é feita através dos objetos Max *patrrstorage* e *autopattr*.

No *preset* 3.1, que vigora entre os compassos 49 e 50, a frequência modulante é estabelecida em 5Hz e o fator de difusão em 0.5, enquanto que o tempo de *delay* é estabelecido em 180ms e o *feedback* em 0.2. No compasso 51, temos uma interpolação de quatro segundos entre os *presets* 3.1 e 3.2 (este último vinculado aos compassos de 52 e 53), que apresentarão os respectivos valores de 9Hz, 0.6, 180ms e 0.2. Comparativamente, os valores do *delay* permanecem iguais, enquanto que há um ligeiro incremento no fator de difusão do modulador em anel, além de um aumento na velocidade do trêmolo de 5 para 9 oscilações por segundo. No compasso 54, há uma interpolação entre os *presets* 3.2 e 3.3, transição esta que também dura quatro segundos. O *preset* 3.3 está presente nos compassos 55 a 57, apresentando os seguintes valores numéricos: 9Hz, 0,7, 240ms e 0,25. Temos aqui um ligeiro incremento no fator de difusão do modulador em anel (que passa de 0.6 para 0.7), porém temos uma variação importante no tempo do *delay*, que passa de 180 para 240ms, além de um pequeno acréscimo no *feedback*, que varia de 0.2 para 0.25. O tempo de interpolação entre os *presets* 3.3 e 3.4, que acontece no compasso 58, também dura quatro segundos, pois equivale a quatro tempos do andamento de semínima igual a 60. Em 3.4 (compassos 59 a 62), temos os valores 13Hz, 0.7, 210ms e 0.25. Aqui, a principal alteração ocorre na frequência modulante, provocando um aumento da velocidade do trêmolo (de 9 para 13 oscilações por segundo), aliada à um ligeiro decréscimo no tempo de *delay* (de 240 para 210ms). No compasso 61, já temos o andamento de semínima igual a 75, portanto a interpolação entre os *presets* 3.4 e 3.5, que ocorre ao longo compasso 63, dura 3.2". O *preset* 3.5 (compassos 64 a 68) apresenta as variáveis com os seguintes valores:

15.6Hz, 0,85, 240ms e 0.3. Além do acréscimo da velocidade do trêmolo, que passa de 13 para 15.6Hz, temos principalmente um acréscimo no seu fator de difusão, que passa a apresentar o valor de 0.85. Nesse ponto, o timbre do piano que é percebido como mais difuso, em decorrência da modulação em anel (variação de amplitude), passa a ser marcante. Esse efeito tem ainda uma implicação espacial, atrelada à sua espacialização multicanal em ambissonia, onde 85% do som especializado está desconectado da fonte pontual do instrumento e distribuído ao longo do espaço de difusão, em 360°. O *delay* utilizado auxilia no reforço deste procedimento. No compasso 68, o andamento já é estabelecido em semínima igual a 94, portanto o tempo da última interpolação deste trecho (duração de quatro tempos), entre os *presets* 3.5 e 3.6, é mais rápida, durando exatamente 2.55s. No *preset* 3.6, temos todos os efeitos direcionados à uma valorização acústica qualitativa dos efeitos utilizados, apresentando os valores de 19Hz, 0.9, 240ms e 0.35. O trêmolo apresenta uma oscilação de 19 ciclos por segundo, beirando o limite entre a percepção rítmica e a percepção das alturas (de acordo com a nova morfologia do tempo musical de Stockhausen, 1958), atrelada a um fator de difusão de 0.9. Novamente, o tempo de *delay* e o *feedback* ligeiramente maior (0.35) vêm a reforçar a percepção da modulação de amplitude, através de uma ligeira prolongação temporal deste efeito.

A partir desta descrição, A evolução temporal da modulação em anel e do *delay* têm uma direção no sentido de produzir uma maior percepção da modulação do timbre do piano, efeito que é mais percebido na medida em que nos aproximamos do final desta parte. Auditivamente, os efeitos eletroacústicos tornam-se realmente presentes a partir do *preset* 3.5, compasso 64. Nos gráficos a seguir (Fig. 99 e 100), de maneira complementar, pode-se observar a evolução temporal gradual destas quatro variáveis dos tratamentos eletroacústicos, que foram trabalhados ao longo da parte 3 de *Poussières cosmiques*.

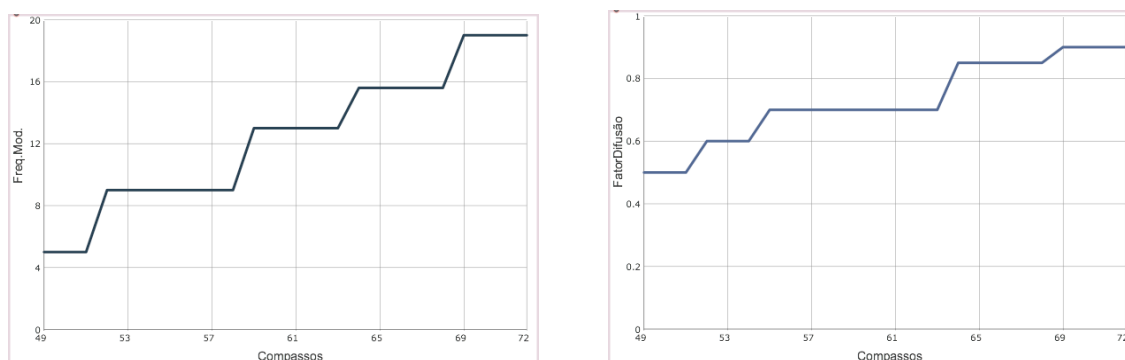


Fig. 99: Evolução temporal da frequência modulante e do fator de difusão na parte 3 de *Poussières cosmiques*

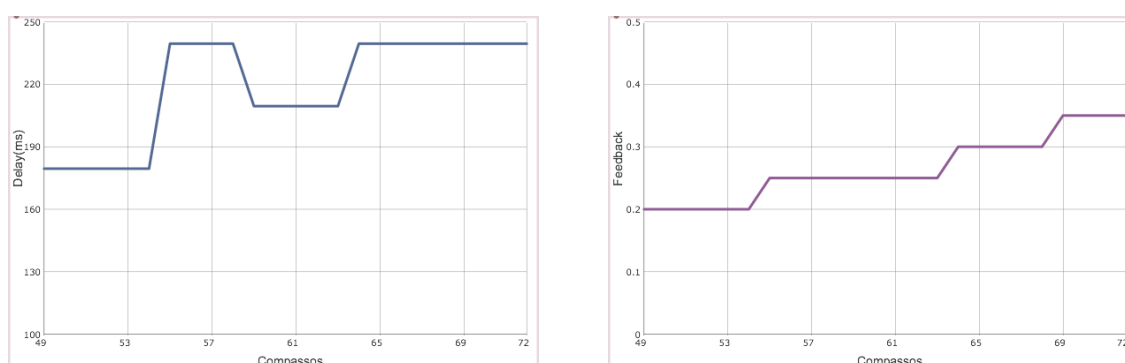


Fig. 100: Evolução do tempo de *delay* e *feedback* na parte 3 de *Poussières cosmiques*

No sonograma¹⁰¹ à seguir (Fig. 101), apresentamos a representação do trecho de *Poussières cosmiques* versão 2, entre os compassos 49 e 72 (Ca. 3'10" a 4'11"). O crescimento da intensidade sonora geral, do início para o final desta parte, assim como seu deslocamento da região médio-grave para a região médio-aguda, são bastante perceptíveis. Chamamos a atenção também para o resultado da modulação do timbre do piano produzida pela utilização da modulação em anel e do *delay*. Além do caráter sonoro difuso que é produzido pela espacialização em ambissonia dos tratamentos eletroacústicos, temos também uma modulação temporal de amplitude (trêmolo) controlada pela frequência deste tipo de oscilação e uma curta repetição dos ataques das notas do piano (*delay*), aliada à uma sutil taxa de reinjeção do som instrumental captado, que resulta na fusão entre o som acústico do instrumento e os tratamentos eletroacústicos utilizados. Procuramos, através dessa interação, promover uma convergência morfológica, tendo em consideração a morfologia original do som instrumental e o tipo de modulação utilizado, realizado pelos tratamentos eletroacústicos escolhidos.

¹⁰¹ Trecho do áudio utilizado referente à gravação da performance ao vivo de Sophia Vaillant (12/06/2014).

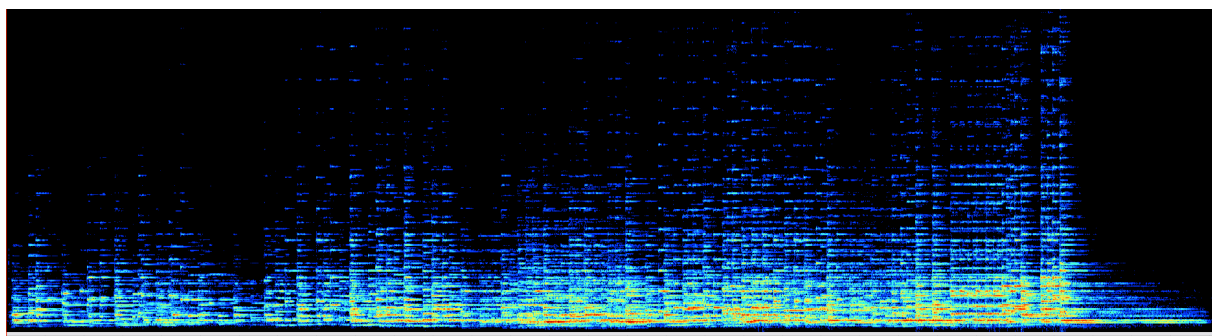


Fig. 101: Sonograma de *Poussières cosmiques* (c. 49 a 72, Ca. 3'10" a 4'11")

4.4 Síntese granular

Aqui, apresentaremos exemplos tendo novamente em vista os princípios de interação e convergência entre os universos instrumental e eletroacústico, desta vez baseados nas proposições do paradigma granular. Procuraremos, através de exemplos de nossas obras *Poussières cosmiques* e *Oceanos*, analisar as possibilidades e variações de uma escrita instrumental granular, combinada à variações dos parâmetros eletroacústicos do tratamento da granulação. Consideraremos também como pertencente ao paradigma granular o tratamento eletroacústico da descorrelação microtemporal, de acordo com suas definições apresentadas nos capítulos anteriores. Em nossas composições, a descorrelação microtemporal é obtida através do objeto *Max hoa.syn.decorrelation~*.

4.4.1 *Poussières cosmiques* versão 2, parte 2

A parte 2 de *Poussières cosmiques* está compreendida entre os compassos 7 e 32. Ao longo desses compassos, podemos estabelecer uma subdivisão em duas partes: a primeira, entre os compassos 7 e 19, relativa à uma escrita pianística concentrada na região extremamente aguda do instrumento, e a segunda, entre os compassos 20 e 32, concentrada numa região extremamente grave. O que há em comum entre estas duas partes é a escrita rítmica, considerando que notas, em sua maioria semicolcheias, são escritas para as duas mãos, apresentando ritmos levemente diferentes, com o intuito de produzir pequenas decalagens rítmicas entre as duas vozes. Na primeira parte, a mão esquerda mantém as

figuras rítmicas constantes em semicolcheias, ao passo que a mão direita executa variações métricas, passando por quáteras de 5:4, 6:4, 7:4, 9:8, 11:8, 13:8, 3:2, além de trinados. Na segunda parte, situada no registro extremamente grave, é a mão direita que possui uma escrita constante, em semicolcheias, enquanto que a mão esquerda apresenta variações métricas de mesma ordem. Nas Fig. 102 e 103, a seguir, apresentamos trechos da partitura referentes à parte 2 de *Poussières cosmiques*, a primeira entre os compassos 8 e 10, e a segunda entre os compassos 26 e 28, caracterizando as duas diferentes tessituras instrumentais exploradas nesta parte. Na Fig. 102, nota-se uma escrita situada no registro extremo agudo do instrumento, aliada à dinâmicas em *mezzo piano* e *piano*. Na Fig. 103, por sua vez, temos uma escrita concentrada na região extremamente grave, aliada à dinâmicas *forte* e *mezzo forte* (compassos 26 e 27), e *mezzo forte* e *mezzo piano*, compasso 28. Em ambas as figuras, há as pequenas decalagens temporais que acontecem entre as duas vozes do instrumento, as quais caracterizam a granulação instrumental.

Fig. 102: Partitura de *Poussières cosmiques* versão 2, compassos 8 a 10

Fig. 103: Partitura de *Poussières cosmiques* versão 2, compassos 26 a 28

Ao longo da parte 2, temos alguns procedimentos de modulações métricas que promovem um *accelerando* das figuras rítmicas, em semicolcheias, além de suas variações, seguidas de modulações métricas, que promovem um

rallentando destas figurações. No compasso 7, temos um andamento de semínima igual a 48, andamento que passa a semínima igual a 60, no compasso 11. Como antecipação dessa modulação, temos a figuração de 5:4 que surge no compasso 10, antecedendo o andamento que virá no compasso seguinte. No compasso 15, o andamento desta parte da obra atinge seu ponto mais rápido, através da indicação de semínima igual a 90, andamento antecipado no compasso anterior através da figuração de 3:2. Ressaltamos que, até o compasso 19, a escrita pianística está situada na região aguda do instrumento. A partir do compasso 20, quando o pianista ataca notas na região extremamente grave, ele segue no andamento de semínima igual a 90, que vai sendo desacelerado aos poucos, até retornar ao andamento de semínima igual a 60. No compasso 24, a velocidade do andamento é reduzida para semínima igual a 72 (sua quintina equivale à semínima igual a 90). No compasso 28, chega-se afinal ao andamento de semínima igual a 60 (novamente através da relação de quintina, agora aproximada de 57,6 para 60).

As pequenas variações temporais que produzem esta dessincronia entre as duas vozes geram auditivamente um tipo de granulação instrumental. Em convergência à esta escrita pianística, além da descorrelação microtemporal, é aplicado o tratamento do *delay* (objeto Max HOA *process~hoa.syn.delay~*). Estes dois tratamentos apresentam características similares: enquanto o *delay* pressupõe uma repetição temporal do som ao qual o efeito é aplicado, na descorrelação microtemporal as repetições (em intervalos temporais bastante curtos) ocorrem também no espaço, acarretando em decalagens microtemporais entre as pistas (alto-falantes) de um sistema multicanal. Desta maneira, é produzido um campo sonoro difuso decorrente destas pequenas decalagens, considerando um plano sonoro de 360°. O que se pode dizer em relação ao princípio de convergência entre os meios instrumental e eletroacústico, é que um tipo de granulação produzida pela escrita instrumental é modulado por efeitos que enfatizam e amplificam as propriedades dessa escrita granular, fazendo emergir uma nova sonoridade decorrente da interação entre os dois meios.

A evolução temporal dos parâmetros dos efeitos eletroacústicos de descorrelação microtemporal (fator de difusão e *delay*, em *samples*) e do *delay* (tempo de *delay* e *feedback*) é feita a partir do estabelecimento de *presets* (através dos objetos Max *pattrstorage* e *autopattr*), que são interpolados temporalmente. Na parte 2 de *Poussières cosmiques*, são definidos cinco *presets*, que variam entre 2 e

2.4. Os valores das variáveis dos tratamentos eletroacústicos utilizados são enumerados na tabela a seguir.

<i>Preset</i>	<i>Comp.</i>	<i>Delay (samples)</i>	<i>Fator dif.</i>	<i>Delay (ms)</i>	<i>Feedback</i>	<i>Andamento</i>	<i>Interp. (ms)</i>
2	8-12	44.100	0.5	700	0.7	48, 60	8.000
2.1	13-17	44.100	0.7	700	0.7	60, 90	8.000
2.2	18-19	44.100	0.5	1.200	0.75	90	1.334
2.3	20-28	44.100	0.5	500	0.4	90, 72	12.000
2.4	28-32	44.100	0.3	1.500	0.75	72, 60	

Tab 12: Valores numéricos das variáveis musicais de *Poussières cosmiques* (compassos 8 a 32)

De acordo com os valores apresentados na Tab. 12, de maneira geral, estes não sofrem grandes alterações. Observa-se que o *delay* (em *samples*) da decorrelação microtemporal permanece constantemente em 44.100, indicando que o tempo máximo que as repetições no espaço de difusão do som captado é de 1 segundo (caso a taxa de amostragem utilizada seja de 44.100 *samples* por segundo), ou de 0.91, segundo caso seja utilizada uma taxa de amostragem de 48.000 *samples* (taxa normalmente utilizada nas execuções dessa obra e na música mista em geral). O fator de difusão desse efeito permanece próximo dos valores médios, sendo definido em 0.5 nos *presets* 2, 2.2 e 2.3, chegando a 0.7 em 2.1, e reduzido à 0.3 em 2.4. Em relação aos valores do *delay*, seu tempo nos *presets* 2 e 2.1 é de 700ms, crescendo até 1.200ms em 2.2, *preset* relativo ao final do trecho concentrado na região aguda do instrumento. Em 2.3, ele decresce para 500ms, crescendo novamente para 1.500ms no *preset* 2.4. A taxa de reinjeção do som no sistema do *delay* (*feedback*) permanece normalmente constante, entre 0.7 e 0.75, à exceção do *preset* 2.3, onde temos o valor de 0.4. As razões da menor quantidade de variação dos parâmetros é explicada a seguir.

A primeira razão é a sensibilidade do objeto Max *hoa.syn.decorrelation~* às variações de intensidade da captação de som do sistema, aliada ao fato de que, na parte 2 de *Poussières cosmiques*, as variações de intensidade instrumental são muito grandes. Estas variações primeiramente ocorrem em relação à tessitura do piano. Notas executadas em *fortissimo* na região extremamente aguda produzem uma intensidade sonora consideravelmente menor do que notas executadas em *fortissimo* no registro grave. Como vimos, esta variação de tessitura entre extremo agudo e extremo grave está presente nesse trecho da peça. Ademais, considerando

a primeira subdivisão da parte 2, temos um grande *crescendo* de intensidade. No compasso 7, temos um início em *pianissimo*, passando a *piano* no compasso 8, a *mezzo piano* e *mezzo forte* no compasso 11, a *forte* e *mezzo piano* no compasso 15, e *forte* e *fortissimo* no compasso 18 (diferenças de intensidade, num mesmo compasso, em relação às duas vozes). Uma direção contrária, em relação à determinação da intensidade, ocorre na segunda subdivisão da parte 2. Esse trecho se inicia com as dinâmicas *forte* e *fortissimo*, no compasso 20, passando a *forte* e *mezzo forte* no compasso 24, a *mezzo piano* e *mezzo forte* no compasso 28, e a *piano* e *pianissimo* no compasso 31.

Num contexto de interação, convergência e complementaridade entre escrita pianística e efeitos eletroacústicos, procuramos aplicar valores medianos no *preset* 2, momento de entrada dos efeitos, combinados a uma escrita pianística sutil, localizada no registro agudo do instrumento. Momentos de maior intensidade do piano, como em 2.1, demandam valores de *delay* comedidos, tal como no início dessa parte. Em 2.2, os valores de tempo de *delay* e *feedback* aumentam devido à presença de um compasso de pausa instrumental que encerra este trecho (localizado no registro agudo do piano), compasso onde apenas existe a ressonância dos tratamentos eletroacústicos. O novo ataque do piano no compasso 20, em sua região grave, em *fortissimo*, produz o momento de maior intensidade sonora, e, por este fato, temos os valores do *delay* reduzidos ao seu menor patamar. Apesar da redução, durante a execução, o nível sonoro dos tratamentos atinge níveis extremamente altos, implicando na necessidade de atenção do manipulador da parte eletrônica em relação ao nível sonoro de saída, que é dependente do nível de ganho de entrada do som captado pelos microfones. Em 2.4, *preset* final, temos novamente o aumento do tempo de *delay*, desta vez para 1.500ms, a fim de que a ressonância da parte eletroacústica esteja presente no compasso 32, em que temos ausência de sons instrumentais do piano.

As interpolações entre os *presets*, no geral, possuem valores mais longos, demonstrando uma evolução mais gradativa e menos abrupta dos parâmetros, a fim de conceber modificações mais lentas na sonoridade eletroacústica. As maiores variações perceptivas, de fato, ocorrem na escrita instrumental, considerando variações de andamentos, de dinâmicas e de tessitura, as duas primeiras de caráter gradual e a terceira de caráter abrupto, todas elas presentes na partitura. A seguir (Fig. 104), apresentamos três gráficos, em função do tempo, que demonstram a

evolução dos parâmetros eletroacústicos tempo de *delay* e *feedback* (*hoa.syn.delay~*), além da variação do fator de difusão do tratamento da descorrelação microtemporal (*hoa.fx.decorrelation~*). O tempo de *delay*, ao longo dessa parte, se mantém predominantemente entre 700 e 500ms, à exceção dos momentos de término das subseções aguda e grave, nos quais ele cresce até 1.200 e 1.500ms, a fim de explorarmos a ressonância deste efeito. O *feedback* permanece, na maioria dos momentos, entre 0.7 e 0.75, à exceção do início da parte grave do piano, momento de maior intensidade sonora, na qual ele decresce até 0.4, sendo aumentado novamente no final desta seção, quando a intensidade resultante já é menor. O fator de difusão da descorrelação microtemporal, em média, se mantém em 0.5, à exceção da segunda metade da parte aguda, quando ele é aumentado até 0.7, a fim de termos uma maior propagação e presença do som tratado no espaço. No final da segunda subseção, compassos 29 a 32, ele decresce até 0.3.

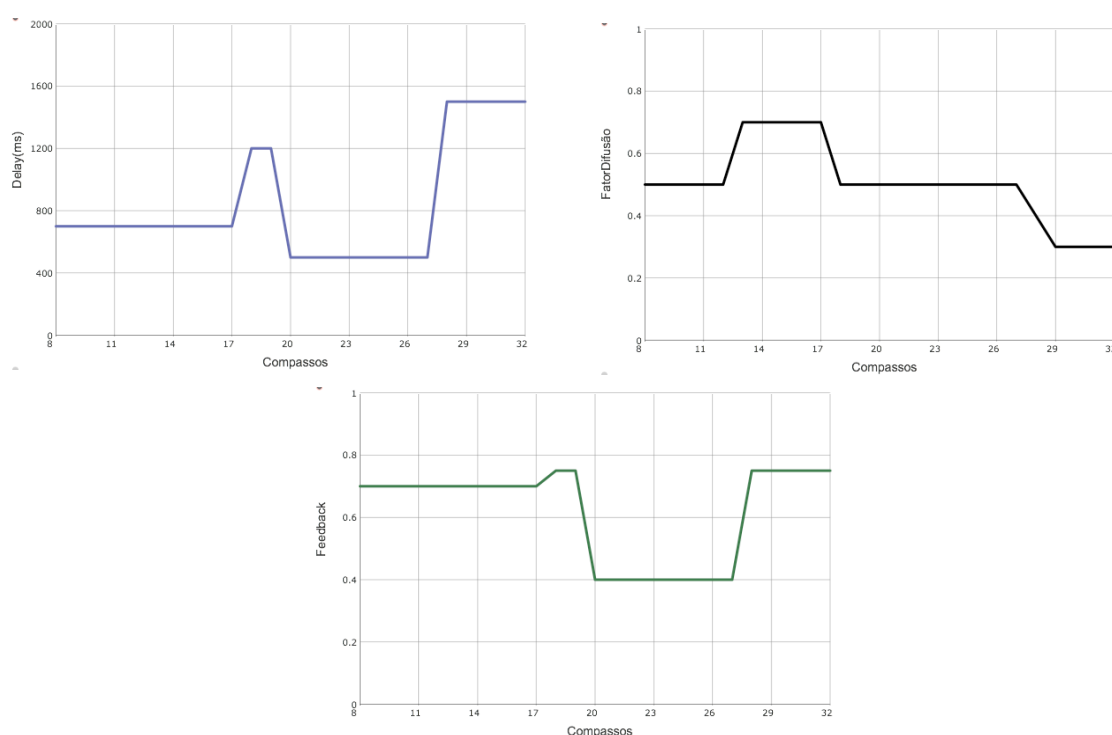


Fig. 104: Evolução do tempo de *delay*, *feedback* e fator de difusão na parte 2 de *Poussières cosmiques*

A seguir, nas Fig. 105 e 106, temos os sonogramas referentes aos compassos 7 e 19, trecho concentrado no registro extremo agudo do piano, e aos compassos 20 a 32, trecho concentrado no registro extremo grave do instrumento. Numa visualização de ambos os sonogramas, pode-se perceber uma distribuição

temporal e frequencial do som resultante que é melhor definida em termos de densidades, nuvens de sons e massa. Apesar de que no primeiro sonograma (registro agudo) ainda é possível observar alguns parciais organizados horizontalmente, a distribuição do som tende majoritariamente à noção de ruído (organização inarmônica dos parciais que não obedece a nenhuma proporcionalidade estrita), e sem uma hierarquização definida. Tendo em vista estas considerações, principalmente quando observamos o segundo sonograma, temos uma semelhança às proposições de Xenakis (1954) em relação ao paradigma granular.

Numa comparação entre os dois sonogramas apresentados, podemos observar alguns pontos importantes. A intensidade do agregado sonoro resultante dos dois processos (som instrumental e som resultante dos tratamentos eletroacústicos) é menor no primeiro sonograma e mais intensa no segundo, ainda que comparemos os momentos em *fortissimo* das duas partes (final do primeiro sonograma e início do segundo). Esse fator se deve, como já apontamos, ao fato de que um *fortissimo* na região grave do piano produzir um resultado sonoro com intensidade maior. Além da intensidade, a presença de um som morfologicamente mais próximo ao ruído acontece também quando operamos sobre a escrita instrumental e tratamentos eletroacústicos utilizando processos granulares na região grave do instrumento. Na região aguda, possivelmente por uma ressonância menor das notas do piano, ainda é possível observar a presença de uma distribuição harmônica dos parciais que se funde aos efeitos eletroacústicos que apresentam uma morfologia granular.

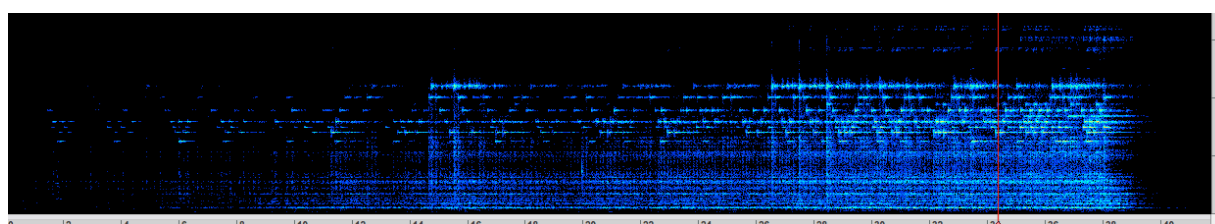


Fig. 105: Sonograma parte 2 de *Poussières cosmiques*, compassos 7 e 19 (registro agudo)

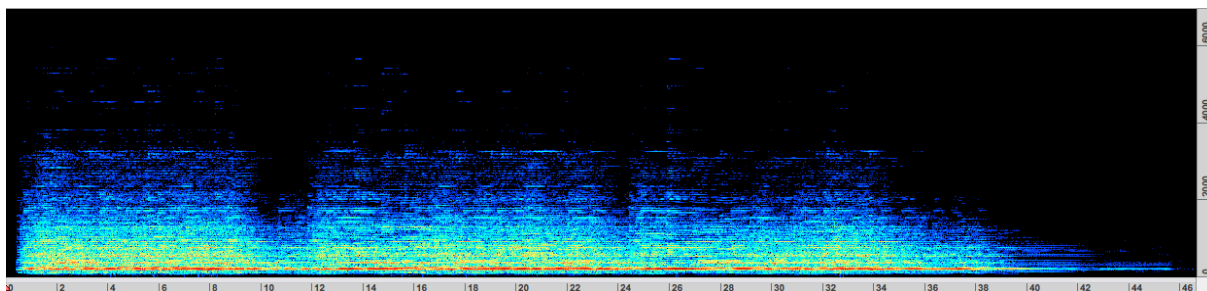


Fig. 106: Sonograma da parte 2 de *Poussières cosmiques*, compassos 20 a 32 (registro grave)

4.4.2 *Poussières cosmiques* versão 2, parte 7

Nesse exemplo de *Poussières cosmiques*, que envolve o seu trecho final, entre os compassos 78 a 85, temos mais uma vez a escrita do piano concentrada numa região bastante grave, combinada, desta vez, ao tratamento eletrônico da granulação (realizada através do Max, biblioteca HOA, objeto *hoa.syn.grain~*). Há, na escrita instrumental, uma ênfase na utilização de técnicas que geram uma sonoridade descontínua, tais como trêmolos e trilos. Os trêmolos, que se iniciam no compasso 78, vão de uma dinâmica em *pianissimo* até *fortissimo* (compasso 80), novamente retornando para *pianissimo* no final do compasso 81. Os trêmolos têm, como intervalos utilizados, uma sétima maior (Dó 1 - Si 1), na mão esquerda, além do intervalo de terça menor, Ré# 2 - Fá# 2, na mão direita. Há também um trilo que ocorre na mão direita entre os compassos 82 e 84, a partir da nota Lá# 1, com o âmbito de um semitom. Como veremos no próximo item, estes intervalos têm relação com o processo de síntese instrumental por modulação de frequência, utilizado para a geração das alturas empregadas na obra. A seguir, na Fig. 107, apresentamos a partitura deste trecho.

 A partitura musical para piano, abrangendo os compassos 78 a 85. O sistema é composto por duas staves (mão esquerda e direita) e uma linha de controle de granulação no rodapé. A música utiliza trêmolos e trilos, com dinâmicas variando de *pp* a *ff*. A linha de granulação indica o uso de um objeto de síntese chamado "7. grain + delay", com parâmetros ajustáveis (7.1 e 7.2) e uma intensidade controlada por uma barra deslizante.

Fig. 107: Partitura da parte 7 de *Poussières cosmiques*, compassos 78 a 85

Nessa parte da obra, temos a utilização de três *presets* (7, 7.1 e 7.2) que armazenam as variáveis que controlam os parâmetros utilizados no tratamento eletrônico da granulação. São elas tamanho do grão (*grain size*, em milissegundos) tempo de *delay* (em milissegundos), *feedback* e taxa de rarefação¹⁰². Em relação à escrita instrumental, temos, neste trecho, o andamento de semínima igual a 60. A interpolação entre os *presets* tem a duração de um compasso, cuja fórmula é 4/4, portanto apresentando sempre a duração de quatro segundos. A seguir, na Tab. 13, apresentamos a evolução dos valores dessas variáveis dos tratamentos eletrônicos, ao longo desse momento.

<i>Preset</i>	Compassos	Grão (ms)	<i>Delay</i> (ms)	<i>Feedback</i>	Rarefação
7	78 - 80	200	800	0.7	0.25
7.1	81 - 84	150	1800	0.85	0.15
7.2	85	100	3000	0.95	0.05

Tab 13: Valores numéricos das variáveis da granulação em Poussières cosmiques (c. 78 a 85)

No *preset* 7 (compassos 78 a 80), temos a utilização do grão com um tamanho de 200ms, um *delay* com tempo de 800ms, combinado a um *feedback* de 0.7 e uma taxa de rarefação de 0.25. No *preset* 7.1 (compassos 81 a 84) temos o decréscimo do tamanho do grão para 150ms, o crescimento considerável do tempo de *delay* para 1.800ms, um *feedback* de 0.85 e taxa de rarefação de 0.15. No *preset* 7.2 (compasso 85 com *fermata*, com indicação de duração até a extinção total do som) temos o tamanho do grão estipulado em 100ms, tempo de *delay* em 3.000ms, *feedback* de 0.95 e taxa de rarefação de 0.05. Analisando os dados dos parâmetros individualmente, observamos que o tamanho do grão decresce, entre os *presets* 7 e 7.2, de 200 para 100ms (passando por 150ms). Quando menor for o tamanho do grão, proporcionalmente, maior quantidade de ruído é adicionada ao som resultante. Isto ocorre porque quanto menor for o tamanho do grão, há menor possibilidade de termos em seu interior a presença de uma configuração estacionária dos parciais, e maior a chance de termos somente transientes de ataque. Na medida em que utilizamos grãos maiores, estão inclusos trechos do regime de sustentação dos sons

¹⁰² A taxa de rarefação, variável do objeto Max HOA *hoa.syn.grain~*, indica a taxa de descontinuidade do som produzido eletroacusticamente, em relação à escuta, variando entre 0 e 1. O valor 0 indica a produção de uma textura completamente contínua, enquanto que o valor 1 indica a inexistência total de sons, ou o silêncio. Os valores compreendidos entre estes dois limites constituem uma escala baseada na percepção, na qual a percepção da continuidade dos sons se rarefaz gradualmente.

que foram granulados, acarretando numa distribuição mais estabilizada dos parciais. No caso analisado, portanto, na medida em que os *presets* evoluem temporalmente, o som resultante terá gradualmente mais características morfológicas de ruído. Em relação ao *delay* da granulação, sua duração aumenta consideravelmente entre os *presets* 7 e 7.2 (de 800 a 3.000ms, passando por 1.800ms), assim como seu *feedback* (de 0.7 para 0.95, passando por 0.85). Esse crescimento das variáveis do *delay* implicam na produção de um som eletroacústico com maior intensidade e saturação, além de terem sua presença estendida temporalmente, devido à uma maior taxa de *feedback* (reinjeção). Por fim, temos a taxa de rarefação que decresce de 0.25 para 0.05, passando por 0.15. De maneira geral, a utilização de valores baixos nesse parâmetro acarretam na produção de um som resultante com características de continuidade. O último valor, 0.05, perceptivamente, produz um som quase que completamente contínuo. Aqui também é importante ressaltarmos outra característica enunciada por Xenakis (1954) a respeito do paradigma granular, a qual podemos relacionar a este exemplo. As nuvens de sons produzidas têm uma continuidade aparente como característica perceptiva macrotemporal, no entanto, apresentam descontinuidades morfológicas em seu interior, ou seja, no seu microtempo. Estas descontinuidades estão de acordo com o enunciado do paradigma sonoro granular, que define o som como sendo formado por uma infinidade de partículas sonoras. A seguir, na Fig. 108, apresentamos dois gráficos que demonstram a evolução temporal dos parâmetros utilizados na granulação eletroacústica deste trecho de *Poussières cosmiques*.

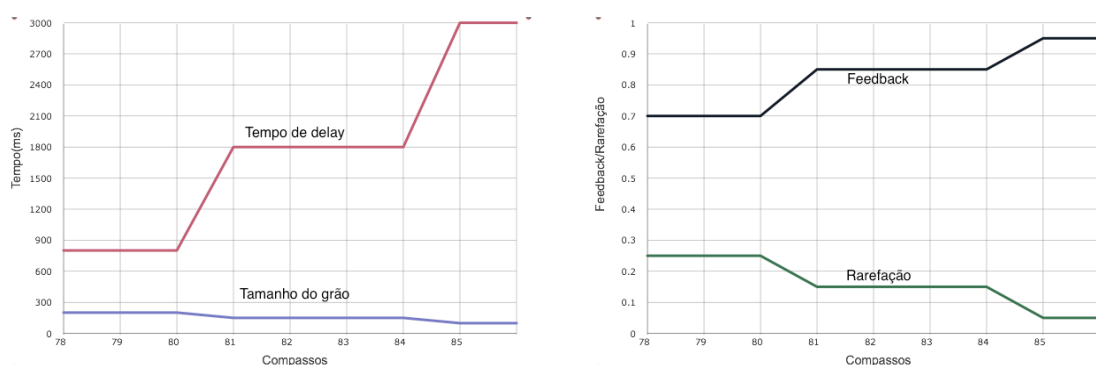


Fig. 108: Evolução do tempo de *delay*, tamanho de grão, *feedback* e rarefação (c. 78 a 85) em *Poussières cosmiques*

No sonograma dessa parte, Fig. 109, podemos confirmar como resultado do processo analisado a produção de um agregado sonoro com características

granulares, tal como uma fusão que resulta numa massa sonora, ou numa nuvem de sons. A massa sonora possui sua energia concentrada na região mais grave do sonograma, que coincide com a região frequencial das alturas executadas pela pianista, uma massa mais densa em seu início, que diminui de área na medida em que a sonoridade do piano se torna menos intensa, em direção ao *pianissimo*. A intensidade de geração do efeito eletroacústico é dependente da intensidade sonora produzida pela pianista, de acordo com o nível de intensidade da sua execução. Assim, trechos em *forte* e *fortissimo* geram efeitos eletroacústicos com maior intensidade, ao passo que trechos em *piano* e *pianissimo* geram efeitos eletroacústicos mais sutis.

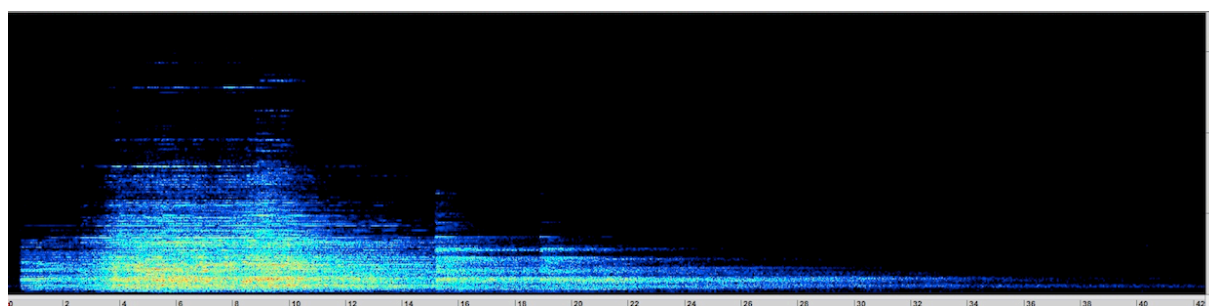


Fig. 109: Sonograma da parte 7 de *Poussières cosmiques*, compassos 78 a 85

4.4.3 Oceanos: relação entre figura e fundo

Nesse exemplo retirado da composição *Oceanos*, para saxofone e eletrônica em tempo real, temos uma abordagem diversa dos exemplos anteriormente apresentados, considerando a interação entre os sons instrumentais e eletroacústicos. No exemplo, cujo andamento é estabelecido em semínima igual a 96, temos figurações instrumentais bastante rápidas, em semicolcheias, realizadas pelo saxofonista¹⁰³ em respiração circular. A partitura deste trecho é apresentada na Fig. 110. Temos, em relação às intensidades, sempre um *crescendo* em direção ao registro agudo, e um *decrescendo* em direção ao registro grave.

¹⁰³ Performance ao vivo de Pedro Bittencourt, em concerto realizado em 16/12/2015.

piu mosso ♩ = 96

12 Granular 1 Interp. 625

13 Granular 2 Interp. 1250

repetir 4 vezes *accelerando*

Fig. 110: Trecho de *Oceanos* com figurações rápidas do saxofone alto, ascendentes e descendentes

As figuras do primeiro sistema são tocadas uma vez, enquanto que o trecho indicado no segundo sistema é repetido por quatro vezes, em *accelerando* gradual. O som resultante dos eventos instrumentais é tratado eletronicamente através da granulação (da mesma maneira que nos exemplos anteriores, através do objeto Max HOA (*hoa.syn.grain~*), tendo o tamanho do grão (*grain size*) estabelecido em 120ms, tempo de *delay* em 3.000ms, *feedback* em 0.85 e taxa de rarefação em 0.7. Temos, em relação à taxa de rarefação, diferentemente do ocorrido em *Poussières cosmiques*, a utilização de um valor relativamente alto (0.7), que resulta na produção de uma sonoridade eletroacústica granular e descontínua, considerando sua morfologia macrotemporal. Temos, através da espacialização multicanal da obra (normalmente em 4 ou 8 canais), a produção de um campo sonoro difuso ao redor do ouvinte. Nele, temos a intermitência do som eletroacústico, que alterna microtemporalmente momentos de presença e de ausência de sons. Na Fig. 111 apresentamos o sonograma deste trecho.

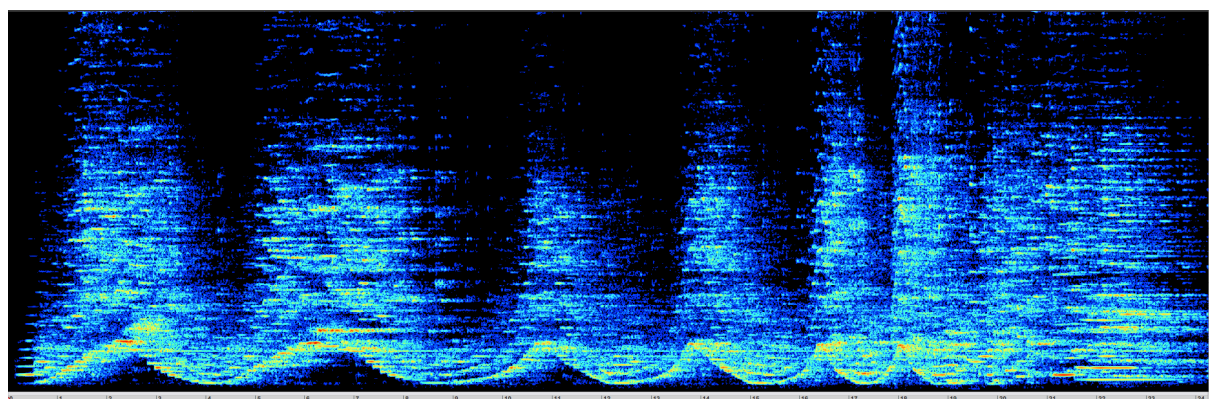


Fig. 111: Sonograma de *Oceanos* (4'36" a 5')

De acordo como o sonograma apresentado, podemos notar a interação entre as notas executadas pelo saxofonista (frequências fundamentais e parciais superiores), representada de maneira ondulatória, tanto em sua configuração espectral (vertical), quanto em relação às figurações ascendentes e descendentes (horizontais). Por outro lado, temos verticalmente, acima destas figurações ondulatórias, o preenchimento do espectro do saxofone por uma textura granular oriunda dos tratamentos eletroacústicos. Essa massa sonora granular se funde ao som produzido pelo saxofonista, de caráter ondulatório, modulando espectralmente o resultado do agregado sonoro produzido. No início do trecho, quando as figurações instrumentais são mais lentas, há espaços espectrais não preenchidos, pelo fato de que a sonoridade eletroacústica é totalmente dependente da morfologia do som captado do instrumento, em relação às frequências, durações e intensidades. Na medida em que as figurações instrumentais tornam-se mais rápidas, sem pausas entre elas, a massa granular eletronicamente produzida torna-se contínua no macrotempo, preenchendo grande parte da área espectral audível. Podemos observar este tipo de construção na parte final do sonograma, a partir de 18". No geral, considerando este trecho de *Oceanos*, a sonoridade eletroacústica granular funciona como um fundo que permite que as figuras realizadas pelo saxofone existam, constituindo em sua totalidade um "organismo sonoro". A construção deste amalgama seria impossível de ser realizada apenas pela execução instrumental, tampouco somente por transformações eletroacústicas.

Para esse exemplo, resgatamos uma reflexão teórica inspirada em Simondon (1989 [1958]), sobre o funcionamento dos organismos. Não podemos deixar de considerar que esta interação produzida entre sons instrumentais e eletroacústicos tendem a formar um único organismo resultado da fusão dos dois meios. Para Simondon, os objetos técnicos tendem a uma concretização (*concrétisation*) na medida em que atingem um alto grau de correlação entre a ciência e a técnica empregada em sua invenção, com suas estruturas atuando sinergicamente em rede. O modo de existência do objeto técnico concretizado (*concrétisé*) é análogo aos objetos naturais produzidos espontaneamente (os organismos vivos), devido à sua estabilidade e viabilidade. Dessa maneira, Simondon afirma que "os objetos técnicos tendem à concretização, ao passo que os objetos naturais tais como os seres vivos

são concretos desde o início”¹⁰⁴ (SIMONDON, 1989 [1958], p. 49, tradução nossa). Esse processo de similaridade não iria no sentido de uma humanização da natureza, mas de uma naturalização do homem.

A adaptação dos objetos técnicos no sentido de sua concretização permite o nascimento de um novo meio, diferente daquele existente anteriormente (meio que somente existiria virtualmente antes da invenção). A invenção concretizante (*concrétisante*) cria um meio tecno-geográfico (fundo) que permite novas relações entre suas estruturas (figuras), como condição de funcionamento do objeto técnico. Outra vez, propondo uma analogia entre máquinas e organismos vivos, Simondon propõe a seguinte visão do funcionamento de um organismo, através de uma releitura da Teoria da Forma, adaptada ao contexto da natureza, articulando, de outra maneira, as categorias figura e fundo.

Num organismo vivo, toda matéria viva coopera para a vida ; não são somente as estruturas mais aparentes, as mais nítidas, que, nos corpos, têm a iniciativa da vida; o sangue, a linfa, os tecidos conjuntivos fazem parte da vida, um indivíduo não é feito somente de uma coleção de órgãos interligados em sistemas; ele é feito também daquilo que não é órgão, ou estrutura da matéria viva uma vez que ela constitui um meio associado aos órgãos; a matéria viva é o fundo dos órgãos, é ela que os liga uns aos outros e os faz um organismo [...] ela é veículo de energia informada¹⁰⁵ (SIMONDON, 1989, p. 60, tradução nossa).

4.4.4 Oceanos, parte final

Aqui, abordaremos a parte final da obra *Oceanos*, trecho concentrado na página 7 de sua partitura. Nele, procuramos desenvolver uma interação entre uma escrita instrumental que valorizasse modos de execução que produzem uma textura ou sonoridade granular, tais como *frullato*, trêmolos, *tremolando*, *slap tongue*, *staccato* e trilos. Essas técnicas podem produzir variações bastante rápidas entre alturas próximas (trilo) ou uma adição de ruído à altura tocada (*frullato*). *Slap tongue* e *staccato* produzem sonoridades bastante curtas, valorizando os transientes de ata-

¹⁰⁴ « (...) les objets techniques tendent vers la concrétisation, tandis que les objets naturels tels que les êtres vivants sont concrets dès le début » (SIMONDON, 1989 [1958], p. 49).

¹⁰⁵ « Dans l'organisme vivant, toute la matière vivante coopère à la vie ; ce ne sont pas seulement les structures plus apparentes, les plus nettes, qui, dans le corps, ont l'initiative de la vie ; le sang, la lymphe, les tissus conjonctifs ont part à la vie, un individu n'est pas fait seulement d'une collection d'organes rattachés en systèmes ; il est fait aussi de ce qui n'est pas organe, ni structure de la matière vivante en tant qu'elle constitue un milieu associé pour les organes ; la matière vivante est fond des organes ; c'est elle qui les relie les uns aux autres et en fait un organisme (...) elle est véhicule d'énergie informée » (SIMONDON, 1989 [1958], p. 60).

que das notas, no caso da primeira técnica, chegando a descaracterizar a percepção da altura entoada. Outro modo de variação é a execução de figurações descontinuas em diferentes velocidades (*accelerando* e *rallentando*), como podemos notar na Fig. 112.

The musical score for Oceanos, p. 7, is divided into three sections corresponding to different granular presets. Each section includes various performance techniques and dynamic markings.

- Section 18 (Granular 5, Interp. 833):** Starts with a *frullato* (trill) marked *f*, followed by a *tremolando* (tremolo) marked *mf*, and then a *ord.* (order) marked *mp*. The section ends with a *frullato* marked *f* and a *slap tongue* marked *ff*.
- Section 19 (Granular 6, Interp. 833):** Features a *frullato* marked *f*, followed by a *slap tongue* marked *f*, and then a *bisbigliando* (whispering) marked *ff*. The section ends with a *slap tongue* marked *f* and a *molto vibrato* (much vibrato) marked *ff*.
- Section 20 (Granular 7, Interp. 416):** Starts with a *tremolando* marked *mf*, followed by a *frullato* marked *f*, and then a *slap tongue* marked *ff*. The section ends with a *frullato* marked *f* and a *ord.* (order) marked *ff*.

The score also includes various time signatures (7:4, 9:8, 10:8) and dynamic markings (f, mf, mp, ff) throughout the sections.

Fig. 112: Partitura de *Oceanos*, p. 7

O tratamento eletroacústico, em convergência à escrita instrumental proposta, é a granulação. No trecho mostrado na Fig. 112, temos a utilização de três *presets* (18, 19 e 20) que controlam as variáveis tamanho do grão (*grain size*, em milissegundos), tempo de *delay* (também em milissegundos), *feedback* e taxa de rarefação, associados ao objeto Max HOA (*hoa.syn.grain~*). Os valores destas três variáveis, considerando os três *presets* desse trecho, estão presentes na Tab. 14. O *preset* 18 apresenta, respectivamente, os seguintes valores: 80, 1.000, 0.95 e 0.5; o *preset* 19, os valores 50, 1.500, 0.95 e 0.7; e o *preset* 20, os valores 30, 3.000, 0.95 e 0.8. À exceção do *feedback*, no qual os valores permanecem constantes, as outras variáveis apresentam direcionalidades, descritas a seguir. O tamanho do grão decresce de 80 para 30ms (passando por 50ms), indicando, como já foi abordado,

uma tendência ao aumento da quantidade de ruído no agregado sonoro eletroacústico produzido, pois grãos de tamanhos menores possuem maiores proporções de transientes de ataque em sua constituição. O tempo de *delay* apresenta um aumento de 1.000ms para 3.000ms (passando por 1.500ms), que, combinados a um valor de *feedback* bastante elevado, acarreta numa maior duração da ressonância do efeito de granulação proposto. Por fim, a taxa de rarefação cresce de 0.5 para 0.8 (passando por 0.7). Em contraposição ao tempo de *delay* gradualmente maior, uma taxa de rarefação maior produz uma maior descontinuidade perceptiva no agregado sonoro eletroacústico produzido, tal como uma intermitência microtemporal entre presença e ausência de sons no espaço sonoro de difusão da peça.

<i>Preset</i>	Tamanho do grão (ms)	Tempo de <i>delay</i> (ms)	<i>Feedback</i>	Rarefação	Interp. (ms)
18	80	1000	0.95	0.5	833
19	50	1500	0.95	0.7	416
20	30	3000	0.95	0.8	

Tab 14: Valores numéricos das variáveis da granulação em *Oceanos*, p. 7 da partitura

A seguir, na Fig. 113, trazemos três gráficos: o primeiro demonstra a evolução temporal da variável tamanho do grão, o segundo, do tempo de *delay*, e o terceiro, da taxa de rarefação. Observamos que enquanto a evolução do tempo de *delay* e da taxa de rarefação evolui de maneira ascendente, a evolução do tamanho do grão sofre uma queda gradual. Diferentemente dos gráficos anteriores relativos à obra *Poussières cosmiques*, em que temos uma divisão métrica da partitura em compassos, em *Oceanos*, a partitura não apresenta este tipo de divisão, tendo apenas os eventos instrumentais apresentados sequencialmente, em relação a um andamento estabelecido. Portanto, a fim de determinarmos a evolução temporal das variáveis, no eixo das abcissas utilizaremos, como referência, o tempo cronométrico, a partir da gravação ao vivo da obra feita pelo saxofonista José de Carvalho, em 04/12/2015. De 0 a 36'', temos o *preset* 18, de 37'' a 55'', temos o *preset* 19, e, de 55'' a 101'', temos o *preset* 20.

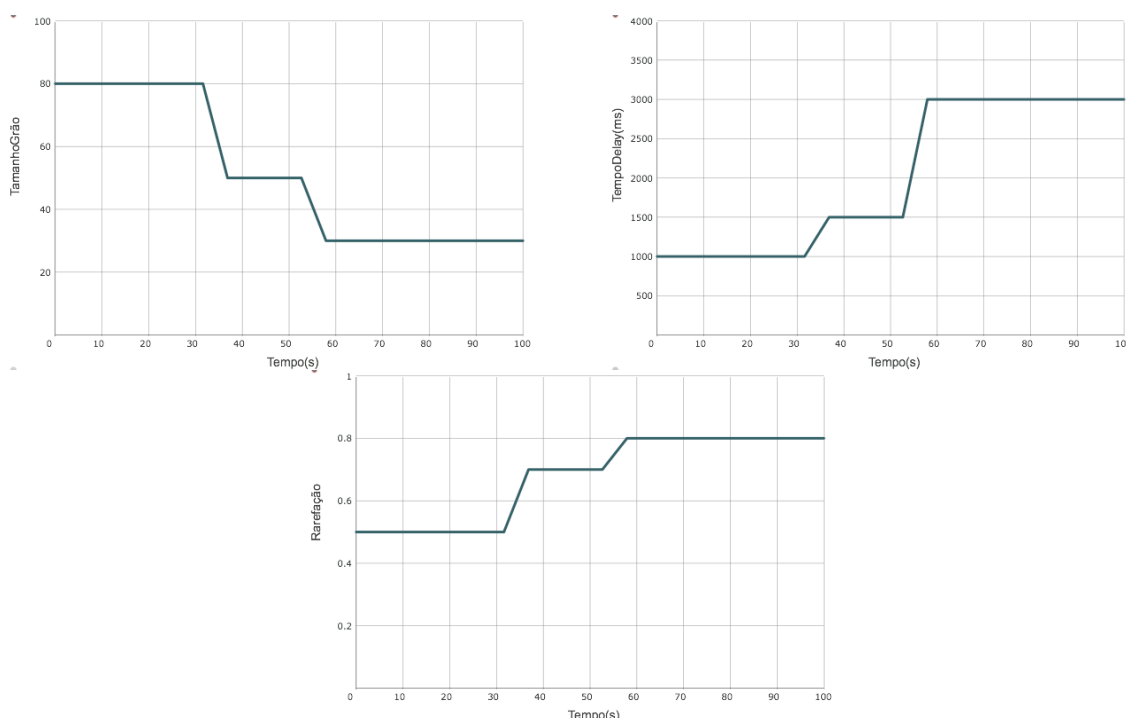


Fig. 113: Evolução das variáveis tamanho do grão, tempo de *delay* e taxa de rarefação (*Oceanos*, p. 7)

Em relação à percepção da sonoridade resultante, há uma fusão das sonoridades instrumental e eletroacústica em uma única estrutura, um único timbre. No sonograma (Fig. 114) referente à este trecho de *Oceanos*, observa-se que a configuração espectral do som do saxofone, baseada na superposição de frequências, está relativamente presente. Esta estrutura se situa na parte do sonograma com maior concentração de energia (entre 200 e 1.000Hz). Porém, o espaço (área) entre os parciais, ou mesmo nas frequências acima de 1.000Hz, nota-se a presença de nuvens de grãos de diferentes intensidades, que preenchem a área audível de uma maneira difusa e não hierarquizada. Apesar de que na partitura utilizamos uma notação tradicional, em relação à sonoridade produzida resultante da fusão entre os dois meios, nos afastamos da ideia de uma composição musical calcada na dualidade harmonia/contraponto. Há uma aproximação da utilização de operações que controlam estatisticamente as nuvens de sons ou texturas produzidas. As operações controlam de maneira estatística as nuvens de sons, através do manejo da evolução temporal das variáveis musicais, seja de maneira contínua ou descontínua.

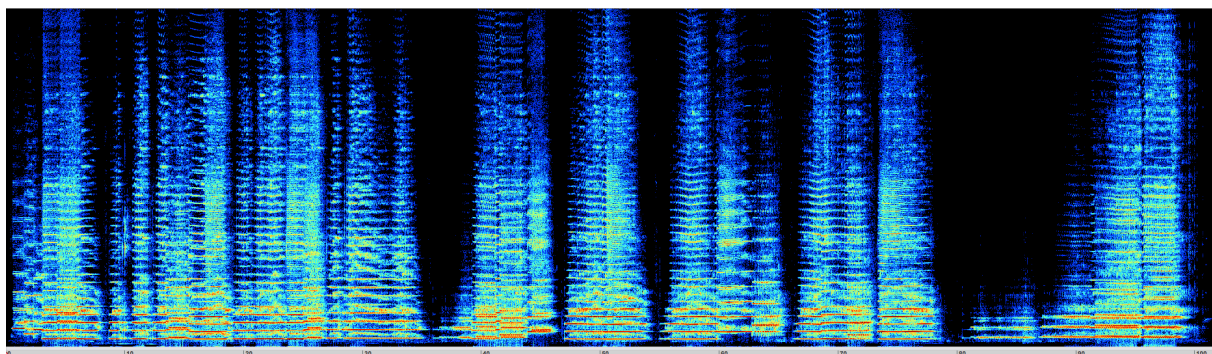


Fig. 114: Sonograma de *Oceanos*, entre 8'38'' e 10'19''

4.5 Síntese instrumental por FM e isomorfismo entre alturas e durações

Neste item, faremos considerações sobre o procedimento tecnomórfico de modulação de frequência (CHOWNING, 1973) no âmbito da música instrumental, considerando sua aplicação no domínio macrotemporal da produção e estabelecimento das alturas musicais utilizadas na composição das obras *Poussières cosmiques*, *Diatomées* e *Le vide*. A síntese FM instrumental que utilizamos se situa dentro do âmbito de síntese instrumental proposta por Grisey (1979,1991), através da possibilidade de utilização e transferência de procedimentos utilizados na música eletroacústica para o contexto da música instrumental. Como veremos mais adiante, o processo de geração de alturas está diretamente relacionado ao procedimento formal de interpolação de timbres, especificamente nas obras *Diatomées* e *Le vide*, questão que abordaremos no item 4.6.

Tal como apresentado como conteúdo teórico do trabalho, a síntese por modulação de frequência, por definição, produz novos parciais a partir da interação entre uma onda portadora e outra modulante. Novas frequências - que, no contexto instrumental, são consideradas como alturas - são geradas a partir da adição e subtração das duas ondas envolvidas, sendo o valor da última dependente de sua multiplicação pelo índice de modulação (i)¹⁰⁶. As novas frequências são geradas dentro do processo através das seguintes fórmulas: $f = p + (i * m)$ ou $f = p - (i * m)$. A fim de utilizarmos a síntese FM no âmbito da música instrumental, as alturas foram

¹⁰⁶ O índice de modulação (i), cuja variação é proporcional à amplitude da onda modulante, representa o fator através do qual a onda modulante é multiplicada, antes de seu valor ser somado ou subtraído da onda portadora. O valor do índice é calculado pela razão entre o desvio de pico (d) e o valor da frequência modulante (m) (CHOWNING, 1973, p. 527).

determinadas através da transposição dos valores frequenciais, em *Hertz*, para alturas musicais (considerando Lá 4 equivalente a 440Hz).

4.5.1 *Poussières cosmiques*

No processo composicional de *Poussières cosmiques*, adotamos como valores das ondas portadora e modulante os valores frequenciais relativos às alturas do intervalo de sétima maior entre Dó 3 (130,81Hz) e Si 3 (246,94Hz). Utilizando a fórmula da síntese por modulação de frequência apresentada, geramos as seguintes alturas, tendo o índice de modulação variando entre 1 e 9^{107} (Fig. 115).

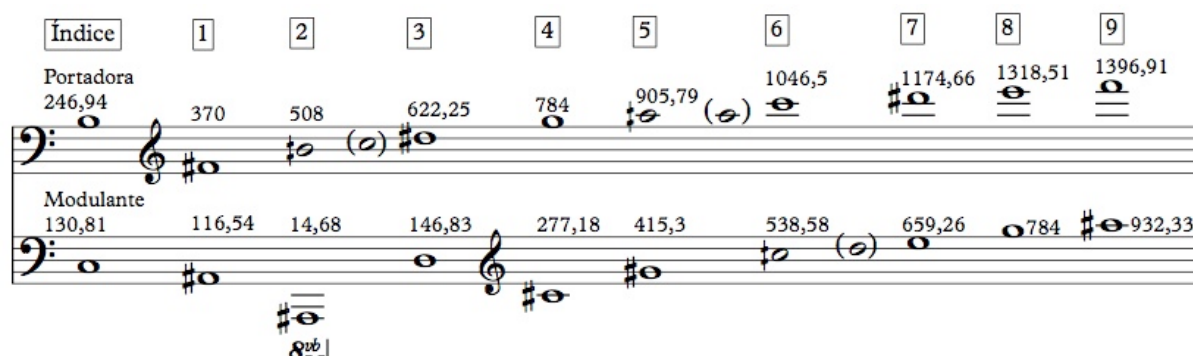


Fig. 115: Geração das alturas a partir da síntese instrumental FM em *Poussières cosmiques*

Em relação às aproximações necessárias durante a conversão dos valores frequenciais para alturas musicais, os índices 2, 5 e 6, por exemplo, apresentam valores em Hertz, que, quando convertidos para alturas, geram intervalos de quartos de tom. Estes intervalos foram aproximados para os semitons cromáticos superiores. As alturas obtidas, por sua vez, foram utilizadas com destaque ao longo do processo de composição instrumental da obra.

4.5.2 Isomorfismo entre frequência e tempo

A fim de construirmos uma relação composicional que engloba as alturas utilizadas, andamentos e durações musicais, utilizamos como base um isomorfismo fundamentado no croma, a divisão interna da oitava musical em doze semitons

¹⁰⁷ No caso do piano, um instrumento de afinação temperada, algumas aproximações foram necessárias durante a transposição das frequências obtidas para alturas musicais.

cromáticos (ou qualquer outra divisão temperada, seja, por exemplo, em terços, quartos ou oitavos de tom). A divisão proposta, aplicada também às escalas do ritmo e das durações, tem como referência a nova morfologia do tempo musical (STOCKHAUSEN, 1958), na qual a relação entre ritmo e altura é justamente apresentada considerando esta fundamentação. Também há uma referência ao pensamento composicional espectral (GRISEY, 1979, 1991; MURAIL, 1989), que apresenta uma abordagem que valoriza a continuidade entre as diferentes variáveis musicais, além da utilização de procedimentos de organização logarítmicos ou exponenciais.

A seguir apresentaremos, na Fig. 116, uma tabela que contempla relações cromáticas entre alturas e andamentos musicais, inspirada no processo composicional de José Manuel López López, compositor que nos apresentou estas possibilidades em seu *Atelier de Composition Musicale*, ministrado por ele na Université Paris 8. A tabela tem como ponto de partida o estabelecimento do andamento métrico relativo à nota Dó, que, pelos nossos cálculos, corresponde ao andamento de semínima igual a 61,35. Para chegarmos a este valor, partimos do valor frequencial do Dó 4, 261,62Hz e o dividimos por 256, a fim de obtermos o valor frequencial do Dó oito oitavas abaixo, resultando em 1,022Hz. Através da fórmula que afirma que o período de uma onda é igual ao inverso de sua frequência ($T=1/f$), chegamos à seguinte correspondência: 1,022Hz = 0.978s. Finalmente, sabendo que o andamento de 60 pulsações por minuto equivale a uma pulsação por segundo, e que a relação entre os diferentes andamentos se dá pela fórmula y (tempo cronométrico) = $60/x$ (tempo métrico). Assim, podemos obter, como resultado, o andamento (correspondente ao valor frequencial do Dó), uma semínima igual a 61,35. Como analisaremos a seguir, estas relações foram utilizadas nas obras *Diatomées* e *Le vide*.

Realizamos a tabela presente na figura a seguir no programa *Excel*. A partir do valor introduzido na casa correspondente ao Dó da semínima (61,35), todos os outros valores de andamentos são calculados. A relação de oitava entre os andamentos é obtida através da relação de 2/1 (ou através da relação inversa, 1/2). Por consequência, o andamento relativo ao Dó da semibreve é de 15,34, ao Dó da mínima é de 30,68, ao Dó da colcheia, de 122,7 e ao Dó da semicolcheia, 245,4. Partindo novamente do Dó da semínima, equivalente a 61,35, obtemos os valores proporcionais das variações métricas 5/4 (76,69), semínima pontuada - 4/3 - (81,8),

3/2 (92,025) e 7/4 (107,36). A correspondência destas variações, em termos de outras oitavas, se dá pela mesma proporção, de 2/1. Por outro lado, horizontalmente, os andamentos equivalentes aos semitons cromáticos (Dó, Dó#, Ré, Ré#, etc.) se dá a partir da multiplicação do valor de referência (por exemplo do Dó 61,35) pelo valor equivalente à raiz décima-segunda de dois, 1,0594, constante do semitom cromático. Multiplicando-se 61,35 por 1,0594, obtemos o andamento equivalente ao Dó#, de valor 64,99, e assim por diante.





















	Dó	Dó#	Ré	Ré#	Mi	Fá	Fá#	Sol	Sol#	Lá	Lá#	Si
	245,4	259,96	275,4	291,76	309,12	327,48	346,92	183,76	194,68	206,26	218,48	231,44
	214,725	227,465	240,975	255,29	270,48	286,545	303,555	160,79	170,345	180,4775	191,17	202,51
	184,05	194,97	206,55	218,82	231,84	245,61	260,19	137,82	146,01	154,695	163,86	173,58
	163,6	173,306667	183,6	194,506667	206,08	218,32	231,28	122,506667	129,786667	137,506667	145,653333	154,293333
	153,375	162,475	172,125	182,35	193,2	204,675	216,825	114,85	121,675	128,9125	136,55	144,65
	122,7	129,98	137,7	145,88	154,56	163,74	173,46	91,88	97,34	103,13	109,24	115,72
	107,3625	113,7325	120,4875	127,645	135,24	143,2725	151,7775	80,395	85,1725	90,23	95,585	101,255
	92,025	97,485	103,275	109,41	115,92	122,805	130,095	68,91	73,005	77,34	81,93	86,79
	81,8	86,6533333	91,8	97,2533333	103,04	109,16	115,64	61,2533333	64,8933333	68,7466667	72,8266667	77,1466667
	76,6875	81,2375	86,0625	91,175	96,6	102,3375	108,4125	57,425	60,8375	64,45	68,275	72,325
	61,35	64,99	68,85	72,94	77,28	81,87	86,73	45,94	48,67	51,56	54,62	57,86
	53,69	56,86625	60,24375	63,8225	67,62	71,63625	75,88875	40,1975	42,58625	45,115	47,7925	50,6275
	46,02	48,7425	51,6375	54,705	57,96	61,4025	65,0475	34,455	36,5025	38,67	40,965	43,395
	40,9066667	43,3266667	45,9	48,6266667	51,52	54,58	57,82	30,6266667	32,4466667	34,3733333	36,4133333	38,5733333
	38,35	40,61875	43,03125	45,5875	48,3	51,16875	54,20625	28,7125	30,41875	32,225	34,1375	36,1625
	30,68	32,495	34,425	36,47	38,64	40,935	43,365	22,97	24,335	25,78	27,31	28,93
	26,845	28,433125	30,121875	31,91125	33,81	35,818125	37,944375	20,09875	21,293125	22,5575	23,89625	25,31375
	23,01	24,37125	25,81875	27,3525	28,98	30,70125	32,52375	17,2275	18,25125	19,335	20,4825	21,6975
	20,4533333	21,6633333	22,95	24,3133333	25,76	27,29	28,91	15,3133333	16,2233333	17,1866667	18,2066667	19,2866667
	19,175	20,309375	21,515625	22,79375	24,15	25,584375	27,103125	14,35625	15,209375	16,1125	17,06875	18,08125
	15,34	16,2475	17,2125	18,235	19,32	20,4675	21,6825	11,485	12,1675	12,89	13,655	14,465

Fig. 116: Relações entre frequências e tempos métricos

4.5.3 *Diatomées*

Em *Diatomées*, obra para conjunto instrumental e eletrônica em tempo real, para a geração das alturas mais importantes utilizadas na obra, procedemos de maneira semelhante ao procedimento utilizado em *Poussières cosmiques*. Em *Diatomées*, por sua vez, para a síntese instrumental FM, partimos de um intervalo de nona menor composta, entre as alturas Si₄ (464Hz) e Lá₂ (110Hz), considerando a primeira frequência como onda portadora e a segunda como onda modulante. A seguir, apresentamos as frequências obtidas através dos sete índices de modulação utilizados, bem como as alturas musicais correspondentes (Fig. 117).

As alturas são indicadas em quartos de tom, com os símbolos usuais que os representam, enquanto que as setas indicam pequenas variações ascendentes nas alturas indicadas, de cerca de um oitavo de tom.

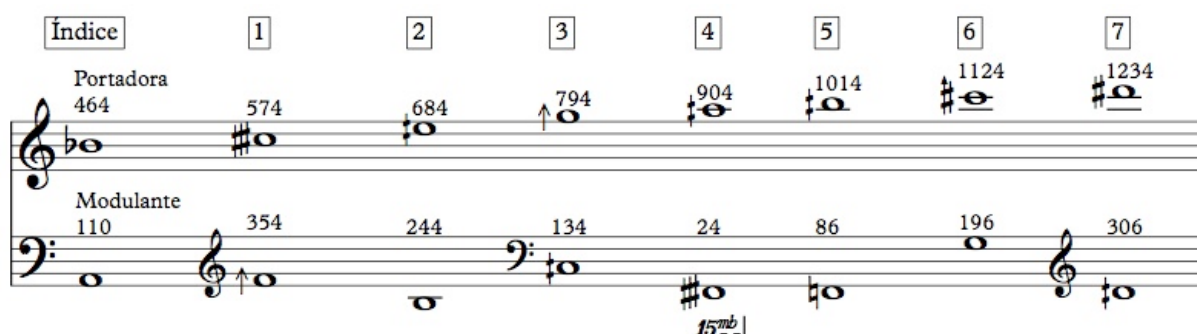


Fig. 117: Geração das alturas a partir do processo de síntese instrumental FM em *Diatoméés*

Diatoméés é uma obra que apresenta quatro partes: A, B, C e D. Os andamentos destas partes foram determinados a partir de uma relação direta com algumas frequências obtidas no processo de modulação por frequência utilizado. A relação se dá a partir de um isomorfismo entre uma escala de alturas e uma escala de durações métricas, dessa forma concebendo ritmos e alturas como oscilações periódicas pertencentes a escalas temporais de diferentes grandezas. Oscilações acima de 20Hz são percebidas como sons, e, abaixo de 20Hz, são percebidas como ritmo.

Assim, estabelecemos que o andamento de semínima igual a 90, na parte A, corresponderia a um Sol no âmbito das alturas, correspondente ao índice número 3 de modulação. O andamento de semínima igual a 45, parte B, corresponderia aproximadamente ao Fá, ligeiramente mais alto, gerado através do índice 1 da modulação de frequência. O andamento de semínima igual a 63, parte C, corresponde aproximadamente ao Dó três quartos de tom acima, obtido também através do índice 1. O andamento de semínima igual a 78, parte D, corresponde ao Mi um quarto de tom acima, obtido através do índice 2 da modulação de frequência realizada. A transição entre estes andamentos foi pensada a partir de relações proporcionais obtidas através de modulações métricas.

Se compararmos os valores dos andamentos utilizados e sua relação frequencial com as alturas, os valores são ligeiramente diferentes dos apresentados na Fig. 116. Se fôssemos considerar os valores exatos, teríamos o Sol equivalente a 91,88, o Fá a 40,94, Dó 3/4 de tom acima, aproximadamente 67, e Mi 1/4 de tom

acima, aproximadamente 79. No entanto, por questão de praticidade, durante o processo de composição, necessitamos encontrar relações métricas proporcionais entre os andamentos, algo que muitas vezes não é possível de se realizar de maneira exata, tal como foi proposto teoricamente. Nesse sentido, é necessário se fazer pequenas aproximações que permitam a existência de transições proporcionais entre os andamentos (modulações métricas), sem que os valores obtidos se distanciem demais dos valores teóricos propostos. É, de certa forma, uma tentativa de otimizar, dentro do processo composicional, a aplicação de um modelo teórico formalizado. Apresentamos abaixo as maneiras de acordo com as quais foram realizadas as transições métricas entre os andamentos propostos em *Diatomées*, tal como podemos verificar na partitura da obra (presente no anexo da tese).

- A partir de $\text{♩} = 90 \rightarrow \text{♩} = \text{♩} (\text{♩} = 45)$: transição entre as partes A e B
- A partir de $\text{♩} = 45 \rightarrow \text{♩}_5 = \text{♩} (\text{♩} = 56)$, durante a segunda parte e, a partir de $\text{♩} = 56 \rightarrow \text{♩}_9 = \text{♩} (\text{♩} = 63)$, transição entre as partes B e C
- A partir de $\text{♩} = 63 \rightarrow \text{♩}_5 = \text{♩} (\text{♩} = 78)$: transição entre as partes C e D

4.5.4 *Le vide*

Em *Le vide*, o procedimento da modulação instrumental por FM ocorre a partir do intervalo entre as alturas Dó 4 (261,62Hz, onda portadora) e Fá# 2 (92,5Hz, onda modulante), com o intuito de gerarmos as alturas principais (em equivalência às frequências encontradas) utilizadas durante a composição da obra. O processo inicial visou a constituir a estrutura harmônica empregada na primeira parte da obra, intitulada *Le silence et le temps*, baseada em textos de Gérard Grisey. No item 4.6 (Interpolação de timbres e graus de mudança), abordaremos os procedimentos utilizados nas partes seguintes de *Le vide*. Na Fig. 118 apresentamos as alturas obtidas no processo de modulação instrumental FM, considerando os índices de modulação de 1 a 12.

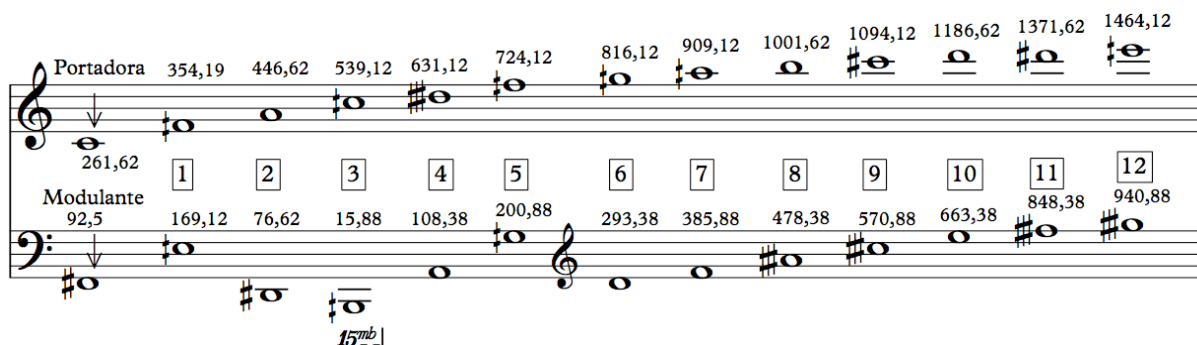


Fig. 118: Geração de alturas a partir do processo de síntese instrumental FM em *Le vide*

Le vide é dividida em três partes, sendo a primeira (1), já mencionada, *Le silence et le temps*. A segunda parte (2) intitula-se *La mémoire et l'oubli*, baseada em textos de Francis Bacon; na terceira parte (3), *L'instant*, é baseada em textos de Gaston Bachelard. Considerando as relações isomórficas entre tempo e frequência apontadas no item 4.5.2, apresentaremos as transições empregadas entre os andamentos da obra (realizadas através de relações proporcionais) e sua correspondência com frequências e alturas obtidas no processo de síntese instrumental FM empregado.

O andamento inicial, semínima igual a 43, assim como o andamento inicial da segunda parte, semínima igual a 86 (relação de oitava), correspondem à altura Fá#, frequência modulante referente ao processo de modulação de frequência utilizado. O andamento de semínima igual a 54, encontrado na letra de ensaio A da primeira parte, corresponde aproximadamente à frequência Lá¹⁰⁸, presente no índice de modulação nº 3 deste processo. Como dissemos anteriormente, os andamentos utilizados na peça dependem, além da correspondência com valores frequenciais, de possibilidades de transições proporcionais realizáveis em relação ao andamento anterior. O andamento de semínima igual a 62, presente na letra de ensaio C (parte 2 da obra), corresponde à altura Dó, outra frequência geradora do processo de modulação de frequência, neste caso, a onda portadora. Por fim, o andamento de semínima igual a 75, presente na terceira parte da obra, equivale à altura Mi um quarto de tom acima, gerado a partir do índice de modulação igual a 2. A seguir, apresentamos as transições entre os andamentos, realizadas a partir de relações proporcionais e modulações métricas.

¹⁰⁸ De acordo com a Fig. 116, o andamento referente à altura Lá seria 51,56.

- A partir de $\text{♩} = 43 \rightarrow \text{♩}_5 = \text{♩}$ ($\text{♩} = 54$): transição da letra de ensaio A, em *Le silence et le temps*
- A partir de $\text{♩} = 86 \rightarrow \text{♩}_8 = \text{♩}_{11}$ ($\text{♩} = 63$), transição da letra de ensaio C, em *La mémoire et l'oubli*

4.6 Interpolação de timbres via graus de mudança

A ideia de grau de mudança (*Veränderungsgrad*), inicialmente implementada dentro do ambiente da composição serial, se refere à transições graduais e contínuas (no tempo) entre diferentes estruturas, considerando as variáveis musicais altura, intensidade, duração e espaço (STOCKHAUSEN, 1958; KOENIG, 1963). Grisey (1991), adaptou este conceito para o contexto da música espectral, cujas características foram analisadas ao longo da tese, Os graus de mudança (*degré de changement*), no contexto da música espectral, seriam transições graduais entre diferentes timbres, uma espécie de interpolação de timbres. Para Grisey, o principal fundamento constitutivo de um timbre é a sua composição espectral.

Nossa abordagem relativa a este procedimento, que empregamos nas obras *Diatomées* e *Le vide*, inclui ainda uma interpretação da observação feita por Chowning (1973), em relação à utilização de índices de modulação irracionais no processo de modulação de frequência. De acordo com a fórmula da FM, se o índice de modulação corresponder a números racionais, um espectro harmônico é gerado; se ele corresponder a números irracionais, espectros inarmônicos são gerados (CHOWNING, *Op. Cit.*, p. 527). Em nossa percepção, espectros inarmônicos produzidos via modulação de frequência podem criar timbres de interesse estético auditivo. Procuramos, nessas duas obras, distorcer o espectro inicial (produzido via síntese instrumental FM) através da multiplicação das frequências inicialmente obtidas por números irracionais a fim de, numa segunda etapa, produzir, de maneira gradual, a interpolação entre esses timbres no tempo.

4.6.1 *Diatomées*

Em *Diatomées*, o procedimento de interpolação de timbres ocorre na parte D da obra, a partir do compasso 65. Os valores irracionais utilizados no

procedimento de geração de novos timbres foram $2^{1/5}$ (1.15), $2^{1/4}$ (1.25), $2^{1/2}$ (1.41) e $2^{4/5}$ (1.74). Alturas relativas ao timbre construído a partir do índice de modulação 1,15 surgem no compasso 66, e são empregadas até o compasso 75. Alturas referentes ao índice de modulação 1,25 são utilizadas a partir do compasso 76 e são empregadas até o compasso 83. Alturas referentes ao índice de modulação 1,45 são empregadas a partir do compasso 84, até o compasso 93. Os dois últimos compassos da obra, 94 e 95, correspondem ao timbre referente ao índice de modulação 1,74. O momento das transições entre os timbres são realçados pela presença de notas executadas pelos gongos tailandeses, enunciando algumas alturas presentes no espectro seguinte - compasso 64, Lá e Si; compassos 74 e 75, Lá, Si, e Si; compassos 82 e 83, Lá, Ré#, Si e Si; e compassos 94 e 95, Lá, Dó#, Si, e Si (estas duas últimas alturas são tocadas simultaneamente). As zonas realçadas pelos gongos tailandeses são uma espécie de zonas de transição entre os timbres, nas quais as alturas referentes aos dois timbres envolvidos em cada interpolação são utilizadas de maneira superposta. Na Fig. 119 apresentamos os novos espectro obtidos, organizados verticalmente e separados em semitons e quartos de tom, para uma melhor visualização.

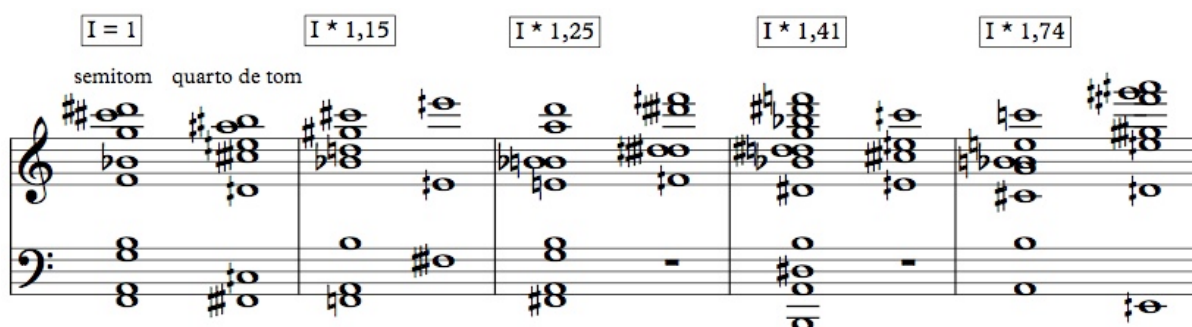


Fig. 119: Novos timbres obtidos em *Diatoméés* via distorções inarmônicas do espectro original

Como exemplo do processo de interpolação de timbres, trazemos a interpolação existente entre os índices 1,25 e 1,41, considerando os compassos 82, 83 e 84 (Fig. 120). Os gongos tailandeses, que executam as alturas Lá, Ré#, Si e Si, (nos compassos 83 e 84), anunciam a chegada de um novo timbre, relativo ao índice 1,41. Nos compassos da figura, sinalizamos em vermelho as alturas sustentadas e sua correspondência em relação aos índices de modulação envolvidos. No compasso 82, o Fá um quarto de tom acima, executado pelo violino, pertence ao índice 1,25. Entre os compassos 82 e 83, o trêmolo Mi - Ré, executado pela harpa,

também apresenta alturas pertencentes a este índice, assim como a inversão do intervalo do trêmolo para uma nona maior (uma oitava acima), executado também pela harpa, a partir do segundo tempo do compasso 83. A altura Fá um quarto de tom acima (índice 1,25) novamente aparece no compasso 83, tocada pelo clarone, enquanto que o Ré presente no violino (terceiro e quarto tempos) está relacionado ao índice 1,41. Já no compasso 84, todas as alturas sustentadas se referem ao índice 1,41, tal como é observado no acorde da harpa e no harmônico artificial do violino, a partir de Dó um quarto de tom acima. Observa-se efetivamente que neste exemplo o compasso de transição, que contém alturas referentes aos dois índices de modulação envolvidos, é o compasso 83.

Fig. 120: Interpolação de timbres entre os índices 1,25 e 1,41 do processo de síntese instrumental FM

4.6.2 *Le vide*

Em *Le vide*, a interpolação de timbres decorre de um procedimento similar ao realizado em *Diatomées*, porém os índices de modulação derivados de valores irracionais são aplicados diretamente ao início das partes 2 e 3 da obra, respectivamente, *La mémoire et l'oubli* e *L'instant*. Como vimos no item 4.5.4, a harmonia ou a escala produzida através da síntese instrumental FM, tendo as frequências 261,62 e 92,5Hz (referentes às alturas Dó 4 e Fá# 2) como ondas portadora e modulante, foi aplicada à primeira parte da peça, *Le silence et le temps*.

Para a segunda e terceira partes da obra, multiplicamos, pelos valores 1,44 e 1,59, os valores frequenciais referentes aos índices de modulação produzidos através da operação acima mencionada. Os valores não foram escolhidos aleatoriamente, mas são derivados de operações matemáticas envolvendo valores

frequenciais e temporais ligadas ao material inicialmente gerado. Ademais, nesse procedimento, o resultado numérico das operações deveria produzir um índice de modulação conveniente, situando-se entre os valores de 1 e 2, bem como, ao ser aplicado ao material inicial, produzir espectros esteticamente interessantes e distribuídos de maneira satisfatória no âmbito das alturas, considerando a tessitura dos instrumentos e das vozes.

O valor 1,44, valor gerador do espectro referente à *La mémoire et l'oubli*, deriva do seguinte procedimento: Realizamos, primeiramente, as operações $261,62/92,5 = 2,8282$, e seu inverso, $92,5/261,92 = 0.3535$. A seguir, elevamos o primeiro valor obtido pelo segundo: $2,8283^{0,3535} = 1,4441$. Em *L'instant*, o valor 1,59, fator multiplicador gerador do espectro, foi encontrado a partir do seguinte procedimento: estabelecemos, de acordo com a Fig. 116, a equivalência isomórfica entre frequência e andamentos, considerando a altura Dó um quarto de tom acima, 269,29Hz (gerado a partir do índice 1 do espectro referente ao índice 1,44, Fig. 119), e a altura Mi um quarto de tom acima, 169,64Hz, (referente ao índice 2 da síntese instrumental FM, Fig. 118). O quociente entre 269,29 e 169,24 é justamente 1,59. Ademais, os andamentos referentes às duas frequências mencionadas seriam respectivamente 62 e 75, utilizados ao longo da obra nas suas segunda e terceira partes.

Na Fig. 121, a seguir, apresentamos as alturas referentes às frequências geradas através da multiplicação do espectro inicial pelos números irracionais 1,44 e 1,59, considerando, no primeiro caso, os índices de 1 a 10, e, no segundo, os índices de 1 a 9. As alturas relativas a estas frequências, divididas em quartos de tom, foram orquestradas e utilizadas ao longo da composição da obra. Nossa busca, dentro desse processo composicional que distorce gradualmente o espectro inicial, é a produção de novos espectros que se distribuam no espaço frequencial relativo à tessitura dos instrumentos presentes na obra, do registro grave ao agudo. É importante lembrar que a relação entre alturas e frequências é de ordem logarítmica, e não linear. Nossa intenção, no momento da orquestração das alturas obtidas, foi de procurar manter as alturas encontradas. No entanto, em alguns casos, ocorrem transposições de oitava.



Fig. 121: Novos espectros obtidos em *Le Vide*, via distorções inarmônicas do espectro original

Trazemos, na Fig. 122, um exemplo de *La mémoire et l'oubli* (compassos 49 a 53) com o intuito de mostrar a maneira conforme a qual a orquestração das alturas geradas por este processo ocorre. Neste trecho, cujo espectro é gerado a partir da multiplicação dos valores frequenciais iniciais pelo valor 1,44, temos a presença das quatro vozes solistas, flauta, clarinete, viola, além do bumbo. Os índices de modulação referentes às alturas escritas estão anotados em vermelho, acima ou ao lado das notas. É um trecho de andamento de semínima igual a 62, com as vozes executando notas em sincronia, utilizando o mesmo texto. As madeiras e a viola executam alturas bastante agudas, com notas longas, de bastante duração. A flauta executa um Sol, relativo ao índice 4, com o efeito *whistle*; o clarinete executa um Mi, índice 8, em *bisbigliando*; e a viola executa um harmônico artificial do Sol um quarto de tom acima, em *sul ponticello e écrasé*, com intensidades que variam no tempo. Em relação às vozes, a movimentação das notas é maior, passando por diversas alturas geradas pela FM instrumental, relativa ao valor 1,44. Não podemos deixar de observar que esta passagem, à exceção do bumbo que produz um espectro ruidoso, temos, de acordo com a escrita instrumental utilizada, considerando que ocorra fusão espectral, um tipo de síntese aditiva cujo agregado sonoro resultante é formado por pelos parciais presentes nas alturas entoadas.

Fig. 122: *Le vide*, compassos 49 a 53, alturas utilizadas referentes ao espectro multiplicado por 1,44

4.7 Fusão de timbres instrumentais ou instrumentais e eletroacústicos

A seguir, analisaremos trechos de nossas composições *Diatomées* e *Le vide*, nos quais podemos detectar auditivamente a existência de diferentes estruturas que se fundem num único timbre, que agrega os eventos e informações decorrentes da execução instrumental e da parte eletroacústica (no caso de *Diatomées*). Aqui, baseamo-nos nas noções de permeabilidade de Ligeti (1958), na análise de Grisey sobre a fusão de timbres instrumentais (1991) e na fusão de timbres por *jitter*, as aperiodicidades existentes no regime de sustentação dos sons (Meyer-Eppler, 1954; McAdams, 1984; Dubnov, Tishby, Cohen, 1997). Também nos baseamos nas noções ligadas aos paradigmas ondulatório e granular, ligadas a morfologias sonoras microtemporais, tal como foram apresentadas de maneira teórica e prática (análise de obras) ao longo deste trabalho.

4.7.1 *Diatomées* : complementaridade de modelos

Aqui abordaremos um exemplo de fusão de timbres perante a escuta, presente em *Diatomées*, entre os compassos 75 a 80. Temos o objetivo de mostrar um processo de fusão que está baseado na complementaridade (sobreposição e justaposição) de estruturas instrumentais e eletroacústicas ligadas aos paradigmas ondulatório e granular. Esse trecho foi selecionado porque nele há uma escrita para conjunto instrumental (violino, clarone, harpa e percussão), além da eletrônica, em que encontramos diferentes técnicas instrumentais (modos de jogo) que produzem, como resultado, diferentes sonoridades. Há a sobreposição de técnicas instrumentais que produzem uma sonoridade ondulatória (morfologicamente organizada a partir de uma superposição de parciais) e de técnicas que produzem uma sonoridade granular.

A utilização das técnicas, tendo como referência procedimentos e análises realizadas por meios eletrônicos e/ou computacionais nos remete às ideias de tecnomorfismo e síntese instrumental. Como vimos em *Diatomées*, a ideia de síntese instrumental está presente na geração de alturas distribuídas entre os instrumentos, através de um procedimento análogo à síntese FM (item 4.5.3), bem como na relação entre frequência e tempo (alturas e andamentos/durações). Ademais, temos a utilização da interpolação gradual entre diferentes timbres, baseada no conceito serial de grau de mudança (detalhada no item 4.6.1).

Como podemos visualizar na Fig. 123, que apresenta os compassos 75 a 79 da partitura de *Diatomées*, dentre as técnicas instrumentais executadas que são ligadas ao paradigma ondulatório, temos os acordes escritos para a harpa, nos quais o regime de sustentação é valorizado através de sua ressonância. Há também um multifônico executado pelo clarone, que resulta em cinco alturas sobrepostas, além da escrita do vibrafone que, com a utilização do pedal, prolonga a ressonância dos sons. Por estas razões, observamos que, através da valorização espectral destas ressonâncias, há a fusão tímbrica das alturas tocadas. Como sonoridades instrumentais granulares, enumeramos as técnicas de *gettato col legno*, realizada pelo violino, os trêmolos e trilos do violino e do clarone, assim como os *staccati*. Há também a presença do efeito *écrasé*, que consiste em pressionar a corda do violino com o arco, utilizando mais força do que o habitual, resultando na adição de uma

porção de ruído à sonoridade usual do instrumento. Esta técnica pode ainda resultar na adição de algumas características granulares à sonoridade resultante, fazendo com que ela se aproxime auditivamente de uma percepção de massa, principalmente se combinada à outras técnicas instrumentais granulares. A sonoridade do *écrasé*, de forma geral, é auditivamente mais pregnante do que as características espectrais ondulatórias relativas à altura tocada pelo instrumento, que estão predominantemente presentes no regime de sustentação dos sons.

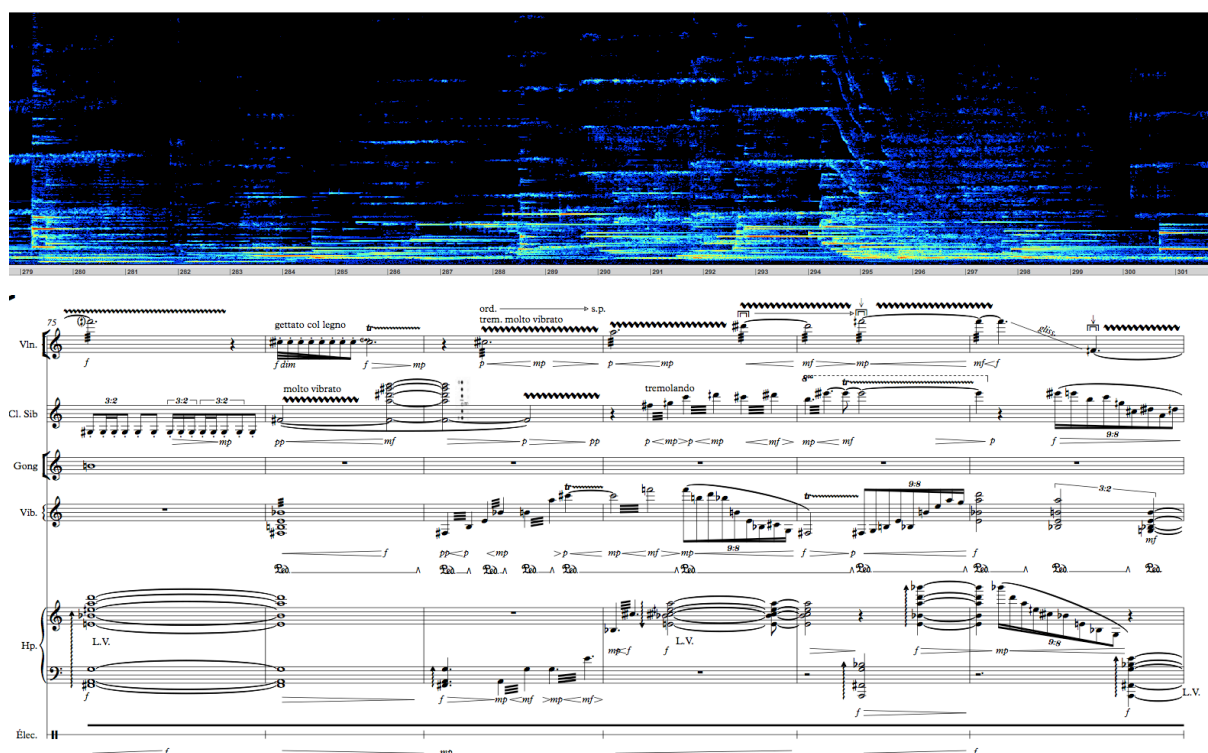


Fig. 123: Fusão de timbres em *Diatomées* por complementaridade dos modelos (Ca. 4'39" a 5'01"), c. 75 a 80

Uma técnica instrumental interessante de ser analisada em detalhes é o trêmolo tocado pelo violino, combinado a um *molto vibrato* (compassos 77 a 79). Aqui, durante o trêmolo, temos a posição do arco variando entre *ordinario* e *sul ponticello*, e produzindo uma sonoridade parcialmente ruidosa, tal como um granulação instrumental, que também é realçada pela utilização do *écrasé*. O vibrato, por sua vez, produz um tipo de modulação de frequência controlada pela velocidade do movimento do dedo do violinista, que eleva e abaixa a corda de seu instrumento de maneira periódica. O vibrato produz uma oscilação rítmica que dificilmente supera os 10Hz. Assim, através da combinação das duas técnicas, podemos obter, num mesmo instrumento, uma sonoridade granular modulada por

um efeito ondulatório. Considerando a parte eletrônica da obra, nós aplicamos efeitos de granulação ao som do violino, ao mesmo tempo que aplicamos, ao som do clarone, o procedimento da modulação em anel (novamente uma ideia de complementação entre os modelos).

Considerando a noção ligeteana de permeabilidade, essa parte da obra é consideravelmente impermeável, devido à superposição de diferentes estruturas que acabam por se fundir num único agregado tímbrico. A fusão produz um timbre espectralmente denso em seu interior, justamente devido às estruturas de diferentes morfologias que se impregnam sem que haja mascaramento de algum de seus elementos. As estruturas, individualmente, apresentam configurações espectrais heterogêneas que, uma vez sobrepostas, formam um estado único de agregação, um novo timbre. Cria-se um tipo de equilíbrio instável que reúne em um único timbre diferentes estruturas, que são percebidas como uma unidade.

Tendo em vista o exemplo apresentado, pode-se concluir que, a fim de que diferentes timbres instrumentais se fundam, é importante combinar timbres morfologicamente diferentes, e que apresentem diferentes graus de permeabilidade. Através destas combinações, as principais características morfológicas individuais continuam sendo ouvidas, no entanto passando a se configurar como pertencentes a uma única estrutura. Ademais, é sempre importante atentar para o limite de fusão, em relação à saturação da escuta, pois a partir de um ponto crítico intensivo não conseguimos mais diferenciar novas agregações de sons, havendo o mascaramento de estruturas mais sutis e menos intensas. Na interação entre estas diferentes estruturas, eventos microtemporais ondulatórios ou granulares interagem entre si por meio do contato entre partículas próximas (fenômeno de transdução), ao mesmo tempo em que a forma perceptível, resultado da agregação tímbrica, é constituída por meio de uma modulação contínua que delimita seu contorno.

4.7.2 *Le vide*: fusão por jitter

Neste exemplo de *Le vide*, referente à parte 2 da obra, *La mémoire et l'oubli* (entre os compassos 54 e 57), gostaríamos de abordar o processo de fusão de timbres através da valorização do regime de sustentação das alturas entoadas pelos instrumentos e pelos cantores. Primeiramente, em relação à orquestração, os instrumentos executam notas longas, num andamento médio de semínima igual a

62. Os instrumentos de sopro (flauta, clarinete e tuba) executam notas em *ordinario non vibrato* (respectivamente Ré 4, Mi \flat 3 e Fá \sharp 1), em dinâmicas que variam entre *ppp* e *p*. As cordas, por sua vez, também apresentam notas longas, porém com efeitos que variam ao longo do tempo, proporcionando uma modulação do timbre resultante. Viola, violoncelo e contrabaixo executam, respectivamente, as alturas Lá 3 três quartos de tom acima, Dó 3 um quarto de tom acima e Lá 2 em *sul ponticello non vibrato*, todos com intensidades de *écrasé* variáveis, tal como um cânone. Violoncelo e contrabaixo atingem a maior intensidade de pressão da corda no compasso 56, enquanto que a viola atinge a mesma pressão no compasso 57. As dinâmicas variam, da mesma forma que nos sopros, entre *ppp* e *p*. A seguir, na Fig. 124 apresentamos a partitura deste trecho.

The musical score for measures 54 to 57 of *Le vide* features the following instruments and parts:

- Fl. (Flute):** Measures 54-57, dynamics *pp*, *p*, *ppp*. Marking: *ord. n.v.*
- Cl. (Clarinet):** Measures 54-57, dynamics *pp*, *p*, *ppp*. Marking: *ord. n.v.*
- Tba. (Tuba):** Measures 54-57, dynamics *pp*, *p*, *ppp*. Marking: *n.v.*
- T. (Trombone):** Measures 54-57, dynamics *ppp*, *pp*. Marking: *L.V.*
- B. (Bass):** Measures 54-57, dynamics *pp*, *p*, *ppp*. Marking: *n.v.*
- Vla. (Viola):** Measures 54-57, dynamics *pp*, *p*, *ppp*. Marking: *s.p. n.v.*
- Vc. (Violoncello):** Measures 54-57, dynamics *pp*, *p*, *ppp*. Marking: *s.p. n.v.*
- Db. (Double Bass):** Measures 54-57, dynamics *pp*, *p*, *ppp*. Marking: *s.p. n.v.*
- Vocal Parts (Soprano, Alto, Tenor, Bass):** Measures 54-57, lyrics: 'Tou - te nou - veau - té n'est que l'ou - bli.' Dynamics range from *pp* to *ppp*.

Fig. 124: Partitura de *Le vide*, compassos 54 a 57

As quatro vozes também estão organizadas em cânone, a partir do baixo, e em direção ao soprano, tendo como intervalo de entrada entre as vozes uma semínima. O texto cantado é “*Toute nouveauté n’est que l’oubli*” (toda novidade é somente o esquecimento, *tradução nossa*), texto baseado nos *Ensaio*s de Francis Bacon (LVII - *De la vicissitude des choses*). A altura inicialmente entoada pelo baixo é o Lá 2, similarmente ao contrabaixo (este soando uma oitava abaixo); a altura entoada inicialmente pelo tenor é o Dó 3 um quarto de tom acima, em uníssono com o violoncelo; a altura entoada inicialmente pelo contralto é Lá# 3, que apresenta um quarto de tom de diferença em relação à viola, que executa um Lá 3 três quartos de tom acima; e o soprano executa inicialmente um Fá# 4, que descende a um Ré 4 no início do compasso 55, fazendo, neste ponto, um uníssono com a flauta. As vozes se desenvolvem ao longo dos quatro compassos com movimentação intervalar próxima, além de serem ritmicamente bastante semelhantes entre si. O acorde final, no compasso 57, apresenta a configuração de Fá# 2, Ré# 3, Lá 3 três quartos de tom acima e Ré 4. Tal como nos instrumentos, a dinâmica vocal varia entre *ppp* e *p*.

Sobre a fusão dos timbres instrumentais e vocais desta parte, como podemos observar no sonograma da Fig. 125, enumeramos alguns fatores que favoreceram este acontecimento. No sonograma, observamos a existência de uma única estrutura que apresenta sua principal concentração de energia na região médio/grave, entre 100 e 600Hz. Observa-se, tanto nesta região como na região médio-aguda, entre 600 e 4.000Hz, a existência de uma configuração espectral de massa bastante intrincada, quase que totalmente preenchida, situando-se entre 100 e 4.000Hz, principalmente entre 5” e 19”. A massa, no registro grave, se deve aos ataques do tam-tam, entre *ppp* e *p* (que permanecem ressoando), no primeiro tempo do compasso 54, terceiro tempo do compasso 55 e segundo tempo do compasso 57, ataques que se fundem às alturas relativamente graves entoadas pelas cordas e pelos sopros, de acordo com a tessitura individual de cada instrumento, principalmente em relação aos sopros.

A escolha de ataques em *pianissimo* consiste em termos um ataque bastante sutil, visando a uma presença mínima de transientes de ataque. Após o ataque, a tendência dos sons instrumentais é de crescerem de intensidade, até *piano*, numa tentativa de valorização do regime de sustentação dos sons. A fusão dos sons instrumentais (sopros, tam-tam e cordas) ocorre justamente no regime de sustentação, *por jitter*, tal como vimos nos capítulos anteriores. No fenômeno do

jitter, temos o entrelaçamento de parciais, através das aperiodicidades microtemporais que ocorrem durante este regime, as quais não são perceptíveis pela escuta e tampouco são controláveis pelos instrumentistas. A massa de parciais presente na região médio-aguda se refere aos parciais presentes na estrutura formântica das vozes, principalmente em relação às vozes femininas que entram em cânone a partir de 4s do sonograma. A sonoridade do conjunto de vozes (na gravação são oito vozes, duas para cada naipe) se funde numa região frequencial diferente daquela dos instrumentos, tal como uma complementação mais aguda ao timbre instrumental. A fusão entre vozes e instrumentos pode ser atribuída à existência de alturas e parciais comuns na escrita de ambas as partes, assim como pela utilização de intervalos não temperados. As dinâmicas bastante sutis também contribuem para a fusão. No caso das vozes, elas minimizam a presença dos transientes decorrentes da explosão do ataque das consoantes, valorizando também sua sustentação, tal como descrevemos em relação aos instrumentos. Na Fig. 125 procuramos indicar a entrada inicial do tam-tam e do contrabaixo (instrumentos), bem como a entrada de cada voz, com o intuito de compreendermos as estruturas individuais que se fundem na composição do timbre resultante. Nota-se, tal como afirmamos anteriormente, que os instrumentos são responsáveis pela composição médio-grave do timbre, enquanto que as vozes, principalmente as femininas, preenchem a região médio-aguda da estrutura produzida.

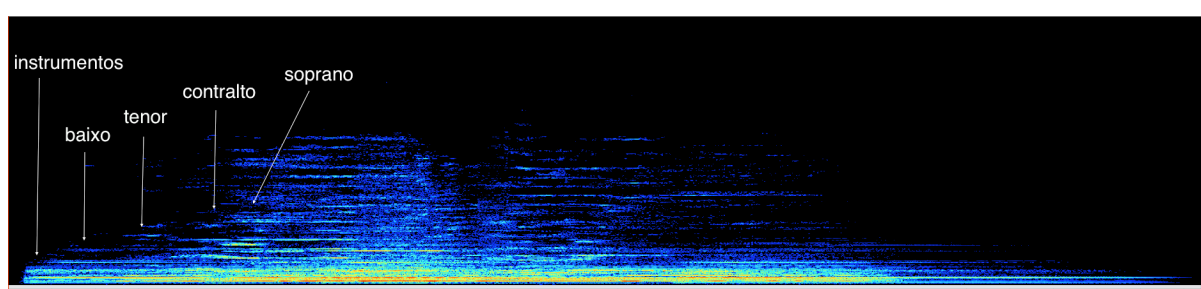


Fig. 125: Sonograma de *Le vide* (c. 54 a 57). Fusão de timbres instrumentais e vocais por *jitter*

4.7.3 *Le vide*: complementaridade de modelos e noção de permeabilidade

O outro trecho analisado de *Le vide* se refere aos compassos 68 a 73 da obra, pertencentes à sua terceira parte, *L'instant*, onde temos intenção de realçar a sobreposição de estruturas de caráter ondulatório (instrumentais) e estruturas de caráter ruidoso (superfície de massa), estas últimas oriundas dos efeitos realizados

pelos cantores. O texto cantado, adaptado dos escritos de Gaston Bachelard, é “*L’instant a une profondeur, une épaisseur, une densité*” (O instante tem uma profundidade, uma espessura, uma densidade, tradução nossa), sendo que o início da frase, “*L’instant a une profondeur*”, é cantado pelas vozes masculinas, e o seu restante, pelas vozes femininas. A seguir, na Fig. 126, apresentamos a partitura deste trecho.

Fig. 126: Partitura de *Le vide*, letra D, compassos 68 a 73

Em relação à escrita vocal, temos, entre os compassos 69 e 72, primeiramente a entrada do tenor e do baixo, e, logo após, a entrada do soprano e contralto, todos cantando o texto de maneira suspirada (resultando numa maior quantidade de ar expirado). Nos compassos 73 e 74, temos as vozes femininas realizando o efeito do *frullato* (sobre a sílaba *té*) resultando, como veremos, numa maior presença de ruído no timbre gerado. Em relação ao vibrafone, que surge logo no início da parte D, compasso 68, temos um arpejo ascendente de grande velocidade, entremeado por um trêmolo de dois tempos entre as notas Fá \sharp 4 e Lá 4. A seguir, nos compassos 70 e 72, temos a presença total de quatro acordes com duração de dois tempos cada. A ressonância harmônica deste instrumento é sempre bastante valorizada na escrita, através da utilização do pedal de sustentação, que

deve permanecer sempre pressionado nos compassos de pausa (69, 71 e 73). Madeiras e cordas executam notas longas, moduladas timbricamente através de efeitos e técnicas de execução. A flauta tem, nos compassos 69 e 70, além de em 72 e 73, um Fá 6 um quarto de tom acima, sendo o primeiro ataque em *bisbigliando* e o segundo em *whistle*. O clarinete tem ataques nos mesmos compassos, sendo o primeiro em *ordinario* e o segundo em som eólico. As cordas (viola, violoncelo e contrabaixo) têm notas sustentadas em harmônico artificial *sul ponticello*, sendo que as notas da viola (que apresenta como som resultante do harmônico o mesmo Fá 6 um quarto de tom acima da flauta), e do violoncelo (que apresenta como som resultante o Ré 6 três quartos de tom acima) se iniciam no último tempo do compasso 70 e terminam no compasso 72. O contrabaixo, cuja altura resultante entoada é um Ré 5, se inicia no primeiro tempo do compasso 72 e termina no final do compasso 73.

Da mesma forma que no exemplo anterior, a fim de obtermos uma fusão dos timbres pelos seus respectivos regimes de sustentação, o ataque inicial dos instrumentos é feito de maneira bastante sutil, em *pianissimo*, e cresce até *mezzo piano*, decaindo novamente até *piano*. Ademais, é realizada uma interpolação de timbres entre madeiras e cordas, pois, na medida em que um grupo de instrumentos deixa de soar, o outro tende a aparecer. Há uma ideia que perpassa este trecho, segundo a qual um timbre contínuo é percebido devido à fusão de elementos heterogêneos, timbre que se modula temporalmente através da interpolação de diferentes estruturas individuais, decorrentes das diferentes técnicas instrumentais e vocais empregadas. No sonograma da Fig. 127 procuramos analisar os elementos formadores desse timbre, os quais apresentam características que nos remetem aos modelos ondulatório e granular. Vibrafone, madeiras e cordas produzem sonoridades contínuas, calcadas na sobreposição de parciais, tal como podemos notar no sonograma. Inicialmente, no trecho, há as alturas geradas pelo vibrafone, sustentadas através do pedal, e amalgamadas às alturas entoadas pela flauta (*bisbigliando*) e pelo clarinete, em *ordinario*, (compassos 69 e 70), estas duas últimas interpoladas através do surgimento de parciais da viola e violoncelo, em harmônico artificial *sul ponticello* (compassos 71 e 72) que, logo após, são interpolados novamente pela flauta (*whistle*) e pelo clarinete (som eólico), além do contrabaixo, também em harmônico artificial *sul ponticello* (compassos 72 e 73).

Em contraposição a essa morfologia ondulatória, temos, na escrita vocal, a produção de agregados sonoros, através dos efeitos de palavras suspiradas e do *frullato*, que podem ser descritos pelo modelo granular em termos de massa, nuvens de sons e densidades. As nuvens de sons produzidas a partir do texto suspirado pelas vozes masculinas e femininas se estendem por uma região formântica estruturada entre 160 e 14.000Hz. A região extremamente aguda, próxima dos 14KHz, é atingida através da sibilância dos fonemas “ins”, da palavra *instant*, “sseur”, de *épaisseur*, e “si”, de *densité*. A técnica do *frullato* vocal realizada pelas vozes femininas sobre a última sílaba do texto, por sua vez, produz uma nuvem de sons mais densa e carregada de energia, uma nuvem mais compacta em relação ao espaço frequencial, com sua energia principal se situando entre aproximadamente 400 e 4.000Hz, tal como podemos observar entre 19” e 20” do sonograma a seguir.

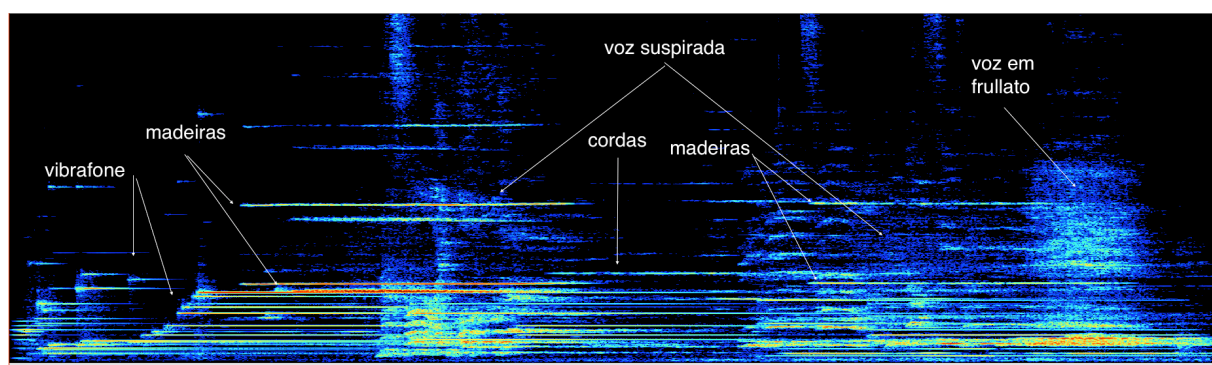


Fig. 127: Sonograma de *Le vide* (c 68 a 73), permeabilidade e complementaridade morfológica

Como último ponto a ser abordado a respeito desse trecho da obra, podemos descrevê-lo como uma fusão que está baseada no modelo de *jitter*, fusão que se dá no regime de sustentação dos sons, principalmente em relação às estruturas de caráter ondulatório. Também há um outro modelo de fusão relacionado à sobreposição de estruturas ondulatórias e granulares, que, pelas suas características morfológicas distintas, se amalgamam em uma única estrutura e podem ser explicadas pela noção de permeabilidade. No trecho, não há a saturação do timbre formado, pois as estruturas ondulatórias executadas pelo vibrafone, madeiras e cordas não se sobrepõem nem mascaram as estruturas granulares vocais, que tendem ao ruído (texto suspirado e *frullato*). Assim, há uma fusão destes dois timbres em uma única estrutura perceptível, por heterogeneidade morfológica.

4.7.4 *Le vide*: maior densidade espectral, timbre de movimento

Apresentamos um exemplo de *Le vide*, correspondente à sua letra de ensaio E (compassos 84 a 92), o qual apresenta um desenvolvimento sonoro mais denso em termos espectrais chegando, em alguns momentos, ao limite de saturação da escuta (ponto de saturação da escuta em relação à quantidade detectável de eventos separados), evocando a noção de *timbre de movimento*, proposta por Ligeti (2010 [1980]), e resultando no mascaramento de algumas estruturas. Inicialmente, em relação à escrita musical deste trecho, não imaginávamos que haveria motivo para que tal mascaramento ocorresse. O trecho pode ser observado na partitura da Fig. 128, sobre a qual faremos uma análise descritiva. O que ocorreu, especificamente, na gravação que realizamos da obra, foi o mascaramento do canto no compasso 89, fazendo com que o texto se tornasse ininteligível, além de um mascaramento, no compasso 87, de acordes executados pelo vibrafone. Proporemos, no fim dessa análise, uma possível solução para os acontecimentos, contemplando alterações na escrita da partitura.

Entre os compassos 84 e 92 de *Le vide*, temos muitos eventos instrumentais e vocais que se sucedem, eventos que apresentam diversos efeitos e técnicas instrumentais, os quais contribuem para diferentes modulações do timbre resultante no tempo. A orquestração foi pensada a fim de que tivéssemos um timbre contínuo com transformações e interpolações instrumentais ininterruptas, tal como descreveremos a seguir. O rulo e o ataque em *mp* do tam-tam (compasso 84) anunciam o início da sessão E, seguido por movimentos ascendentes em *accelerando* nas cordas, em semicolcheias, com estrutura rítmica de 9 contra 8. No trecho não há fusão, pois o som do tam-tam e das cordas são percebidos como eventos separados (aqui abre-se a possibilidade de pensarmos uma outra solução que resultasse numa fusão de estruturas). Um *accelerando* direcional e ritmicamente semelhante é realizado pelo vibrafone, no compasso seguinte (85). Enquanto as cordas, entre os compassos 85 e 86, mantêm notas longas em trinados, o vibrafone executa um trêmolo que é sustentado através do pedal, no compasso 85. Há, nesse sentido, no compasso 85, um timbre instrumental formado pelo amalgama das alturas executadas em trinado pelas cordas (com intervalo de um semitom), sendo um Lá 3 executado pelo contrabaixo, um Fá 5 três quartos de tom acima executado pelo violoncelo e um Sol 6 pela viola, além do trêmolo entre Dó# 5 e Mi 5, executado

pelo vibrafone. A este agregado com características ondulatórias é contraposto, no compasso 86, o texto “*Le fil du temps est couvert de noeuds*” (O fio do tempo é coberto de nós, tradução nossa), falado pelas quatro vozes em sincronia e sem altura definida, texto baseado nos escritos de Bachelard. O resultado sonoro deste evento apresenta características espectrais ruidosas.

No compasso 87, as vozes migram gradualmente do texto falado para o canto, com baixo, tenor, contralto e soprano entoando, respectivamente, as alturas Lá 3, Dó 4, Ré 4 e Mi 4. O canto se transforma em *frullato*, e, logo a seguir, no compasso 88, retorna para o canto *ordinario*. O *frullato*, em *mf*, juntamente com os harmônicos artificiais em trêmolo *sul ponticello* e *molto vibrato* das cordas, também em *mf*, mascaram os arpejos de quatro notas do vibrafone, em *mf* e *mp*. A saturação da escuta faz com que não identifiquemos auditivamente os ataques do vibrafone, no entanto, certamente, as alturas por ele executadas (Fá 3, Fá# 4, Dó# 5 e Mi 6) compõem, por fusão, o agregado tímbrico formado no trecho.

Nas transformações subsequentes do timbre, entre os compassos 89 e 90, temos a sustentação das alturas das cordas utilizando os efeitos e técnicas mencionados. Durante o compasso 89, em relação à dinâmica, temos um *diminuendo* até *p*, ao mesmo tempo em que estes efeitos das cordas são combinados a figurações ascendentes em semicolcheia (novamente com um ritmo de nove contra oito, em *accelerando*) da flauta, clarinete e vibrafone. Essas figurações são organizadas em cânone, cujas vozes são separadas pelo espaço de uma semínima. Ainda no compasso 89, a figuração da flauta desemboca num trinado sobre Sol 5; a figuração do clarinete termina num *frullato* sobre Dó 6; e a figuração do vibrafone, no compasso 90, termina num trinado sobre Ré 6. Neste compasso, mantendo a estrutura em cânone, temos um *glissando* da flauta até o Mi 6, com duração de quatro tempos, em *frullato*. O clarinete *glissa* até Si 5 um quarto de tom acima, com quatro tempos em trinado, ao passo que o vibrafone *glissa* em *fortissimo* por toda a sua extensão, até o Fá 3, sonoridade que é mantida pelo pedal até o compasso 92.

Entre os compassos 89 e 91, temos as alturas Dó# 4, Mi 4, Fá# 4 e Sol 4 atacadas, respectivamente, por baixo, tenor, contralto e soprano, em *mp*, repetindo a palavra “*noeuds*”. No compasso 90, estas alturas transitam gradualmente para o *frullato*, e retornando para o canto *ordinario* no compasso 91. Nesse momento, de acordo com a gravação que temos da obra, o texto cantado não é inteligível, sendo

mascarado pelos arpejos e efeitos das madeiras e do vibrafone, em *mf*, além dos timbres executados pelas cordas, que, neste momento, apresentam redução de intensidade. O canto só se torna inteligível no momento do *frullato*, no compasso 90, que, além de possuir, por si só, maior destaque devido à uma maior concentração de energia espectral, também possui uma intensidade de *f*, notada na partitura. Este se configura como o trecho de maior energia sonora desta parte. Por fim, entre os compassos 91 e 92, temos *pizzicati* Bartók executados pelas cordas em dessincronia, a fim de produzirmos uma sonoridade instrumental granular calcada neste efeito pontilhista, sonoridade que é “sustentada” harmonicamente pela ressonância do vibrafone.

No sonograma da Fig. 128 é possível se observar as transformações e interpolações instrumentais do timbre que se modula temporalmente. À exceção do ataque inicial do tam-tam e das figurações seguintes das cordas, os outros eventos se fundem na escuta de um timbre contínuo que passa por transformações. Há dois momentos em que ocorrem mascaramentos de estruturas: os arpejos do vibrafone, nos compassos 87 a 89, e o ataque das vozes, no compasso 89, onde não há inteligibilidade do texto. Para a resolução dessas questões, seria necessário uma alteração de dinâmicas na partitura e na execução da obra. Podemos propor, por exemplo, a redução das dinâmicas vocais do *frullato* para *mp*, no compasso 87, além da diminuição da dinâmica das cordas, também para *mp*, no compasso 88, a fim de que os arpejos do vibrafone possam ser identificados. Já no compasso 89, trecho de maior densidade dessa parte, seria importante alterar o ataque dos cantores para *f*, com um possível *crescendo* até *ff* no compasso 90, a fim de que o texto se tornasse inteligível nesta parte, bem como uma sutil diminuição de intensidade das figurações ascendentes das madeiras e do vibrafone.

Afora estas questões, notamos uma outra vez, em relação ao timbre resultante, sobreposições de estruturas ondulatórias e ruidosas (estas últimas com características granulares). As estruturas ondulatórias são decorrentes das alturas e dos timbres resultantes das técnicas instrumentais empregadas pelas madeiras, cordas e vibrafone. O tam-tam, o texto falado pelos cantores e o canto em *frullato* produzem morfologias cuja distribuição espectral se assemelha ao ruído. Temos a sobreposição de estruturas de ambos os modelos entre os compassos 86 e 87, assim como também no compasso 90. Ademais, nota-se no sonograma que as cordas em harmônico artificial trêmolo *sul ponticello* e *molto vibrato* do compasso 88

produzem uma textura ruidosa que pode ser correlacionada ao paradigma granular, assim como os *pizzicati* Bartók não sincronizados dos compassos 91 e 92. Em relação a estes últimos, temos principalmente uma “sonoridade granular” do que a produção de um “espectro granular”, já que podemos observar, no trecho final do sonograma, a estrutura ondulatória dos *pizzicati* que é calcada numa sobreposição de parciais. Esta sonoridade granular, na realidade, se caracteriza pelos ataques dessincronizados produzidos pelas divisões rítmicas de 3/2, 5/4 e 9/8 distribuídas entre os instrumentos.

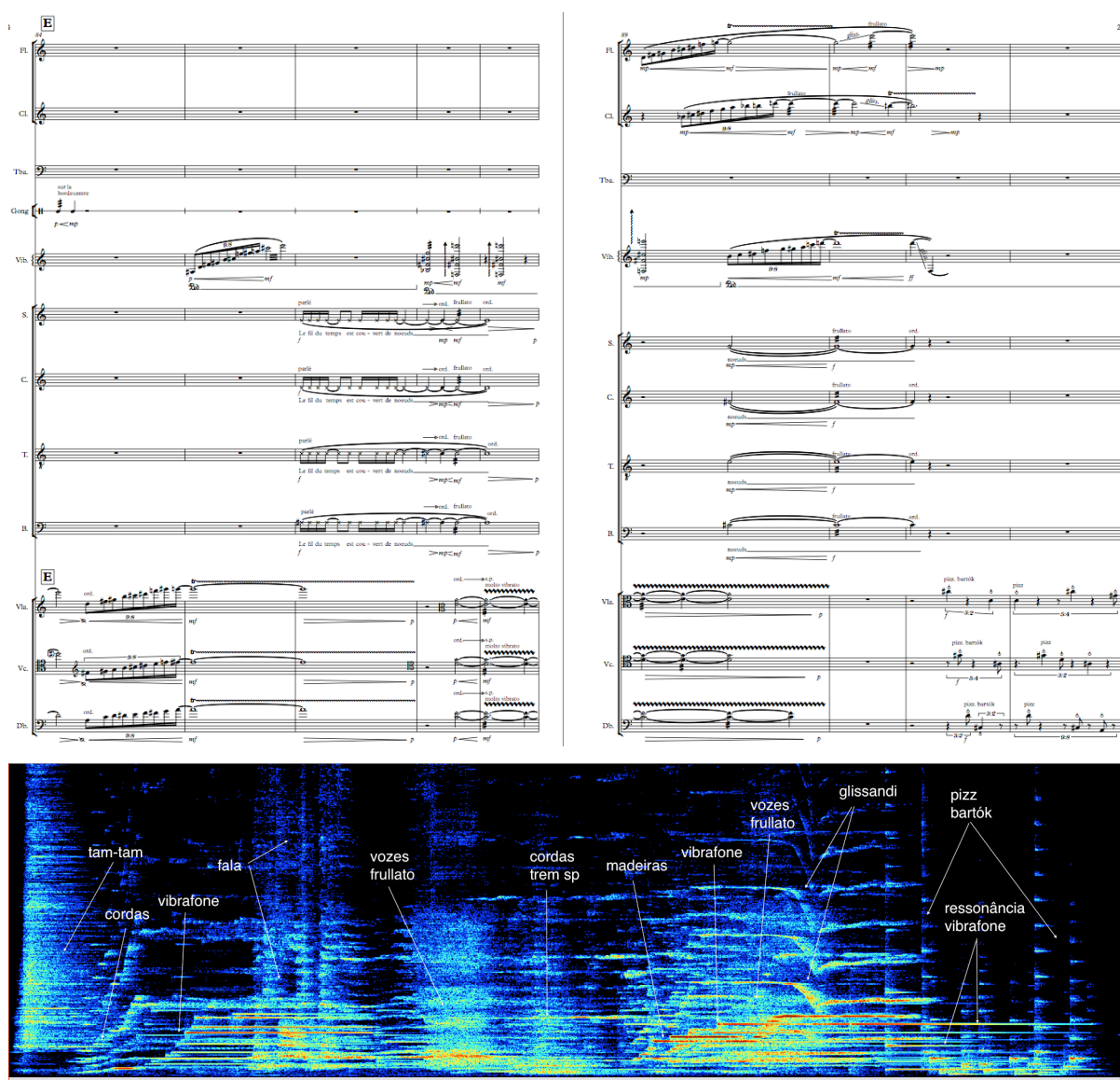


Fig. 128: Partitura e sonograma de *Le vide*, letra de ensaio E, compassos 84 a 92

Considerações finais

Esta tese de doutorado tratou da questão da criação musical a partir do século XX, mais especificamente a partir dos anos 1940, a partir do início do uso dos equipamentos tecnológicos de estúdio para este propósito. Ao longo de nosso trabalho, percebemos que a relação entre a criação musical eletroacústica e instrumental se configura como uma via de mão dupla, onde ambas se interferem mutuamente, se inter-relacionam e se auto-influenciam. Em resumo, os dois meios contribuem para que suas próprias práticas se transformem e atinjam patamares mais elaborados.

Na primeira parte da tese iniciamos nosso texto com uma referência à revolução paradigmática exercida pelo advento da Mecânica Quântica, no início do séc. XX, que estuda a interação entre energias e átomos, assim como do Princípio da Incerteza, no qual partículas e ondas não podem existir ao mesmo tempo. Estas duas categorias se estruturam como visões complementárias, gerando novos enfoques analíticos e epistemológicos que passaram a permear outras áreas do conhecimento. Na música, por exemplo, a partir da construção de equipamentos técnicos de rádio e de experimentos acústicos, pôde-se ter acesso à dimensão interna do som, sendo possível o entendimento de como ocorrem seus processos microtemporais. Essa investigação, que apresenta uma conformidade recorrente entre construção e percepção sonora, alargou o espectro de possibilidades relacionadas a como os sons podem ser construídos e como eles são percebidos auditivamente.

De certa forma nos apropriamos da dualidade complementar retransformada e reapresentada pela Mecânica Quântica (já que esta dicotomia entre onda e corpúsculo remonta ao século XVIII) para separarmos e classificarmos os processos e operações microtemporais que abordamos. Nesse sentido, atribuímos à visão ondulatória do som os processos de manuseio do timbre pelas categorias musicais de harmonia e da orquestração, síntese aditiva, modulação de amplitude, modulação em anel e modulação de frequência. À visão granular do som, atribuímos a concepção do som como uma integração de grãos, além das operações de síntese granular, micromontagem e descorrelação microtemporal. O interessante destes processos microtemporais é que, em grande escala, eles produzem morfologias sonoras perceptíveis, assim como são passíveis de serem

sobrepostos numa simultaneidade, abrindo a possibilidade de fusão entre as diferentes estruturas.

De certo, os processos microtemporais de construção sonora geram uma ou mais formas acusticamente perceptíveis, o que nos levou a buscar ferramentas para analisarmos como ocorre o processo de geração ou nascimento de novas formas (pensamos em novas formas porque estamos sempre direcionando o enfoque para a inter-relação entre as músicas instrumental e eletroacústica, como agente transformação e produção de novas sonoridades). A teoria de Gilbert Simondon nos auxiliou muito neste processo, pois, inicialmente, através de seu *Cours sur la Perception* (2013 [1964 - 65]), e, posteriormente, com suas outras importantes obras, pudemos fazer uma revisão dos conceitos de percepção baseados na Teoria da Forma, desde o século XIX até os dias atuais, acompanhando uma outra mudança de paradigma. No passado (séc. XIX) considerava-se as “boas formas” como as formas geométricas preestabelecidas; e, ao longo do século XX, as formas de interesse estético migraram para a complexidade das formas biológicas, assim como observou-se o crescimento do interesse nos processos e operações que permitem a criação destas formas. Nesse mesmo fluxo, passamos a entender a percepção como um processo de modulação. O Princípio da Individuação, calcado no método alagmático, também tem um importante papel, afirmando que o foco em relação à criação de estruturas e formas não se dá nelas em si, mas nos processos e operações que as produzem, tal como uma atividade espaço-temporal multiescalar que opera no nível molecular por transdução (de maneira descontínua) e no nível macro através de uma energia moduladora contínua (esta visão de Simondon não existiria sem a mudança de paradigma implementada pela Mecânica Quântica, através das visões complementares entre onda e corpúsculo).

Não poderíamos deixar de nos referir aos aportes epistemológicos fornecidos por Humberto Maturana e Francisco Varela, nos anos 1970, através do conceito de autopoiese, fundamentado nos processos internos moleculares dos organismos, numa organização do interior ao exterior. As relações autopoieticas entre os indivíduos acontecem a partir das trocas de informação (atividade perceptiva) entre os organismos e o meio. Nos anos 1990, Varela estabelece o conceito de enação, o fazer emergir, as condições de embasamento para que uma forma ou interação possa surgir no nível perceptivo. A forma, neste contexto, é entendida

como um processo emergente, impossível de ser reduzida às microestruturas que a produziram. A forma como uma emergência somente é possível num mundo onde não existe nenhuma forma ou interação preconcebida, todas elas, individuadas, nascem a partir das interações entre os indivíduos ou organismos.

René Thom é outro autor cujo pensamento nos auxiliou bastante para o entendimento da morfogênese, explicada como o aparecimento de descontinuidades qualitativas entre os organismos ou formas inanimadas e seu meio. As saliências e as pregnâncias, categorias da semiofísica de Thom, são morfologias perceptivas extremamente importantes para o entendimento dos processos musicais contemporâneos, assim como os processos sociais e psicobiológicos. As saliências provocam rupturas formais, são transitórias, e causam descontinuidades perceptivas, ao mesmo tempo em que podem sofrer a infiltração de pregnâncias, formas estacionárias de maior duração, que nos infligem sensações que tendem a se estabilizar, as quais somente são rompidas através do aparecimento de novas saliências. Outro ponto extremamente importante do pensamento de Thom é a sua teoria das catástrofes, método que permite organizar dados perceptivos de diferentes condições, sejam eles morfologias contínuas ou um conjunto de fenômenos descontínuos. Esses sistemas têm uma continuidade aparente, mas podem sofrer rupturas em seu interior em seus pontos críticos, pontos de quebra de continuidade que resultam em saltos qualitativos, em termos perceptivos. Podemos, portanto, ter uma classificação topológica de singularidades, as quais não afetam o processo contínuo de evolução temporal dos processos.

Podemos, a partir das formulações de Thom, Varela e Simondon, entender os processos composicionais empregados nos anos 1950 pelos compositores do Estúdio de Colônia como isomórficos, em relação às diferentes escalas temporais presentes num processo de composição musical. Dentre os processos empregados por estes compositores seriais, podemos citar o entendimento da forma como possuindo uma evolução temporal estatística, a nova morfologia do tempo musical e a forma momento de Stockhausen, além da ideia de grau de mudança (Stockhausen e Koenig). Temos, dentro deste modelo, a ideia da aplicação de valores proporcionais entre as escalas temporais de grandeza diferentes. Nos anos 1970, temos a abordagem do espectralismo francês considerando o timbre como resultado das inter-relações entre os seus parâmetros

sonoros. O timbre, neste contexto, é visto de maneira sistêmica, e sua forma é constituída a partir das interações entre seus parâmetros.

Temos também, a partir dos anos 1970, o estabelecimento da corrente musical da nova complexidade, a qual, no seu viés eletroacústico é representada, entre outros, pelo pensamento de Horacio Vaggione. Na teoria de Vaggione, realçamos a noção de objeto, advindo da cibernética, e seu trabalho composicional fundamentado na criação de uma rede de objetos. Para definir a forma musical, Vaggione evoca a noção de enação de Varela, o fazer emergir. A forma, portanto, é uma emergência decorrente dos processos musicais realizados nas múltiplas escalas temporais manipuláveis no processo de composição. Temos também em Vaggione a adoção da descontinuidade entre as diferentes escalas temporais - de maneira oposta ao pensamento da música eletrônica dos anos 1950 - algo que nos remete ao heteromorfismo, além das saliências e dos pontos críticos advindos da teoria das catástrofes de Thom. As morfologias sonoras, para Vaggione, apesar de serem percebidas como continuidade no fluxo temporal, são descontínuas em relação aos diversos níveis temporais do seu interior. A arte da composição, no seu entendimento, consiste em encontrar maneiras de articular as variáveis e parâmetros relativos a estes distintos níveis temporais.

O que permeia essas diferentes escolas composicionais dos século XX e XXI mencionadas é a noção da forma como um processo, a qual pode ser pensada a partir do método alagmático. O nascimento da forma é dependente dos processos aos quais os materiais musicais são submetidos, sejam estes processos isomórficos ou heteromórficos no que tange à sua concepção epistemológica. A fusão de timbres, também um processo gerador de novas formas é, da mesma maneira, uma operação alagmática dependente da maneira conforme a qual os timbres são produzidos (de maneira instrumental ou sintética, além dos tipos de processo empregados) e manipulados (no contexto da música instrumental, eletroacústica ou mista) com este intuito.

* * *

Na segunda parte deste trabalho nos dedicamos a uma abordagem prática, analítica e composicional, relativa às concepções teóricas que apresentamos, discutimos e analisamos na primeira parte. No Capítulo III analisamos

algumas obras musicais (ou trechos das mesmas) que se utilizam dos processos microtemporais elencados no primeiro capítulo, sejam eles realizados eletroacusticamente ou que apresentem um viés tecnomórfico, através das transposições de procedimentos de estúdio para o contexto da música instrumental. Assim, relacionamos a construção do timbre através do manejo da harmonia e da orquestração à *Farben* Op. 16 nº 3 de Schoenberg, a síntese aditiva à *Nona das Dez peças para quinteto de sopros* de Ligeti, a modulação em anel à *Treize couleurs du soleil couchant* de Murail, a concepção do som como uma integração de grãos à *Pithoprakta* de Xenakis, a síntese granular ao *Concerto para piano e orquestra* de López López, e os procedimentos de micromontagem à *Schall e Till* de Vaggione.

O que procuramos mostrar nas análises destas obras é que a fusão de timbres pode ser alcançada a partir de diferentes métodos ligados a diferentes concepções estéticas musicais. Apesar de se valerem de procedimentos composicionais diferentes, podemos encontrar semelhanças metodológicas entre Schoenberg e Ligeti, ou entre López López e Vaggione. Por outro lado, é verdade que há um grande oceano que separa os métodos de Schoenberg dos de Vaggione, de Murail ou de Xenakis. O pensamento, portanto, que une as obras selecionadas é o resultado de fusão tímbrica que foi atingido, além do estudo dos respectivos métodos e operações utilizados no processo. Sem dúvida os métodos utilizados estão ligados aos objetos técnicos disponíveis na época, assim como ao estado da arte da discussão que se tem na filosofia e na ciência. Todos estes ramos do conhecimento estão conectados de maneira objetiva e subjetiva: pensamento teórico-científico, construção de objetos técnicos e terreno da arte experimental.

No quarto capítulo trouxemos a discussão para o ambiente da criação sonora, através de análises de trechos específicos das obras que compusemos ao longo da tese, com o intuito de experimentar e testar composicionalmente os processos micro e macrotemporais estudados. As obras compostas, objeto de análise nesse período foram *Magma* (2013), para flautas em Dó e Sol, *Oceanos* (2014), para saxofone alto, *Poussières cosmiques* versões 1 e 2 (2014 - 15), para piano, *Diatomées* (2015), para conjunto instrumental, e *Le vide: trois réflexions sur le temps* (2015), para quatro vozes solistas e conjunto instrumental. Todas as obras possuem eletrônica em tempo real, com exceção de *Le vide*.

Trechos das obras foram analisados considerando a divisão proposta a partir de operações ligadas aos paradigmas ondulatório e granular, assim como a

utilização dos conceitos de interação e convergência na articulação entre os universos instrumental e eletrônico. Nesse processo, a interação é entendida como um tipo de ação em que os objetos envolvidos se afetam mutuamente, em oposição a processos de causalidade (que seguem o modelo de causa e efeito), nos levando à possibilidade do surgimento de fenômenos emergentes. A convergência, por sua vez, seria o movimento em direção a uma união formal, o desenvolvimento independente de características similares associadas aos meios, ou ainda a fusão de distintas tecnologias ou dispositivos num único todo. A convergência entre a escrita instrumental e os procedimentos eletrônicos utilizados promove a coerência e a interação entre as morfologias sonoras produzidas por ambos os meios (ondulatórias ou granulares), favorecendo a possibilidade de fusão dos timbres envolvidos numa única estrutura.

Além da fusão de timbres na música mista a partir dos conceitos de interação e convergência (itens 4.1 a 4.4 da tese), em relação aos processos formais empregados em nossas composições, ressaltamos o emprego do isomorfismo entre frequência e tempo (item 4.5), interpolação de timbres por graus de mudança (4.6), além de outros processos de fusão de timbres instrumentais tais como a fusão por complementaridade de modelos, *jitter*, permeabilidade e densidade espectral (timbre de movimento, item 4.7). O estabelecimento de um isomorfismo entre frequência e tempo é baseado nas relações de oitava entre alturas e frequências, cuja proporção é 2/1. Esta mesma proporção é transferida para os andamentos musicais aos quais também é atribuída uma escala cromática de doze semitons. Ao transpormos, por exemplo, a frequência do Dó 4 (261,6Hz) algumas oitavas abaixo, até que entremos no âmbito do ritmo (de acordo com a nova morfologia do tempo musical de Stockhausen), obtemos o andamento de 61,35 (cuja oitava superior é 122,7, e a inferior, 30,67). A partir desse andamento podemos realizar modulações métricas, baseando-nos, por exemplo, nas figuras de quintina (andamento de 76,6), semínima pontuada (81,8), tercina (92) e septina (107,4), além de suas transposições de oitava superiores e inferiores.

A possibilidade de interpolação de timbres instrumentais por graus de mudança foi aplicada nas obras *Diatomées* e *Le vide*. Previamente a este procedimento, realizamos a definição de uma série de alturas que foram utilizadas através do procedimento de síntese instrumental por FM. Esse tipo de síntese instrumental foi implementado a partir da definição de um intervalo específico, cujas

frequências das respectivas alturas são tratadas como uma onda portadora e outra modulante. Após a adição e a subtração de seus valores, levando em conta diferentes índices de modulação (tal como a definição da FM por Chowning), uma escala de alturas (disposição horizontal das alturas) ou um timbre complexo (disposição vertical) é gerado.

A fim de realizarmos o procedimento da interpolação de timbres, a partir da disposição vertical das alturas tal como um timbre, multiplica-se os seus respectivos valores frequenciais por números irracionais, obtendo-se novos valores frequenciais derivados do primeiro, formando novos timbres. Cada timbre formado pela multiplicação das frequências do timbre inicial por números irracionais constituem os novos patamares (cifras) a serem atingidos por interpolação gradual. A interpolação temporal dos diferentes timbres é realizada, na escrita instrumental da partitura, a partir de uma evolução gradual de um timbre ao outro, passando por momentos de transição em que ambos os timbres são sobrepostos, até que a segunda estrutura seja atingida por completo.

Temos ainda, em relação às obras *Diatomées* e *Le vide*, as propostas de fusão de timbres instrumentais através da complementaridade de modelos, em que estruturas instrumentais granulares e ondulatórias são escritas em simultaneidade vertical. A sobreposição das estruturas, morfologicamente bastante diferentes, favorece a possibilidade da fusão dos diferentes timbres numa única estrutura, sempre levando em conta a noção de permeabilidade das estruturas iniciais, a fim de que elas possam se fundir sem que algumas de suas partes sejam mascaradas pelo alto nível de saturação do amálgama formado. Exemplificamos também a fusão de estruturas por *jitter* em *Le vide*, estruturas estas de caráter ondulatório, num processo de síntese aditiva instrumental. Esse tipo de fusão ocorre no regime de sustentação dos sons, a partir das aperiodicidades instrumentais no nível microtemporal, inerentes ao mecanismo de produção dos sons pelos instrumentos. Neste tipo de fusão de timbres, é interessante buscar a eliminação, o máximo possível, dos transientes de ataque, através de um ataque das notas praticamente imperceptível, com um *crescendo* nos regimes de sustentação desses sons. Ainda em *Le vide*, extraímos outro exemplo de fusão de timbres, um exemplo de maior densidade espectral no qual podemos evocar a ideia do timbre de movimento de Ligeti, em que a quantidade de eventos simultâneos ultrapassa o nosso limite de distinção individual dos evento (acima de 20 eventos num segundo). Há, nesse

caso, a saturação de nossa escuta e a fusão de todas as estruturas num único timbre. Nessa modalidade o ritmo notado na partitura é transferido para o interior do som resultante, que passa a ser apreendido como uma forma única que apresenta movimentações internas em sua estrutura, percebidas de maneira qualitativa.

Por fim, evocamos brevemente os processos utilizados na nossa última composição elencada nesta tese, *Desdobramentos do contínuo*, para violoncelo e eletrônica em tempo real (2016), processos não analisados neste trabalho. Na obra, além de continuarmos a utilizar diversos procedimentos descritos na tese, trabalhamos principalmente com os processos de *phase vocoder* e convolução. Esses dois processos combinam, ao mesmo tempo, procedimentos temporais e frequenciais. O *phase vocoder*, do ponto de vista temporal, alonga ou comprime a duração de um som sem alterar a sua altura, a partir da realização de uma transformada rápida de Fourier (*FFT*, *Fast Fourier Transform*) que o decompõe em inúmeros parciais senoidais. Do ponto de vista frequencial, é possível transpor a altura de um som para o agudo ou para o grave sem alterar a sua duração (*pitch shifting*). A convolução, por sua vez, é uma operação de multiplicação entre dois sons, também realizada a partir da transformada rápida de Fourier, que correlaciona as informações temporais do primeiro às informações frequenciais do segundo. Assim, os dados referentes à *FFT* dos dois sons são multiplicados, e, logo após, submetidos à transformada inversa (*IFFT*), a fim de moldar uma nova morfologia sonora a partir dos dados obtidos na operação.

Temos o objetivo, após o término da pesquisa de doutorado, de desenvolver um novo projeto de pesquisa - um projeto de pós-doutorado ou projeto de pesquisa como professor concursado de alguma universidade - que englobaria uma investigação a respeito dos tratamentos de *phase vocoder* e convolução, tratamentos que aglutinam procedimentos temporais e frequenciais, a partir de uma abordagem multidisciplinar que busca envolver aportes teóricos musicais, acústicos, científicos e filosóficos. Esta pesquisa também envolveria novas possibilidades de criação sonora e análise musical podendo ter, como objeto inicial, os processos de convolução e *phase vocoder* implementados na obra *Desdobramentos do Contínuo*. A seguir, poderíamos incorporar a análise de importantes obras do repertório eletroacústico (música acusmática ou mista) que fazem uso desses tratamentos, assim como a composição de novas peças neles baseadas. O projeto também deverá ter um viés de difusão desse conhecimento através de aulas expositivas e

práticas para turmas de graduação e pós-graduação. As aulas incluíam a análise e aplicação desses e de outros tratamentos (inclusive aqueles abordados nesta pesquisa de doutorado), através dos *softwares* Max e *PureData*, com o objetivo final de desenvolvermos novas ferramentas digitais de criação e análise musical.

Referências

5 ORCHESTERSTÜCKE OP. 16. SCHOENBERG, Arnold (Compositor). Orquestra Sinfônica da Rádio de Saarbrücken, ZENDER, Hans (Regente). Georgsmarienhütte: CPO, 1997. Compact Disc.

ABROMONT, Claude. "A propos de *Farben*: Invention et figuration dans la pensée musicale de Schoenberg". In: *Analyse Musicale 2º trimestre 1986*. Paris: Société Française d'Analyse Musicale, 1986, p. 46 - 50.

BACHELARD, Gaston. *A dialética da duração* [1950]. São Paulo: Ática, 1994.

_____. *A intuição do instante* [1931]. Campinas: Versus, 2007.

_____. "Instante poético e instante metafísico" [1939]. In: BACHELARD, Gaston. *A intuição do instante*. Campinas: Versus, 2007, pp. 99 - 107.

_____. *La dialectique de la durée* [1950]. Paris: Presses Universitaires de France, 1972.

BAILLET, Jérôme. *Gérard Grisey : fondements d'une écriture*. Paris : L'Harmattan, 2000.

BARRIÈRE, Jean-Baptiste. "Écriture et modèles : remarques croisées sur séries et spectres". In : *Revue Entretemps* v. 8, 1989, pp. 25 - 45.

BEECKMAN, Isaac. *Journal tenu par Isaac Beeckman, tomes I à IV* [1604 - 1634]. Haia : Editado por Cornelis de Waard, 2007. Disponível em : <http://www.dbnl.org/tekst/beec002jour00_01/>. Acesso em 17 jun. 2016.

BERGSON, Henri. *Ensaio sobre os dados imediatos da consciência* [1889]. Lisboa : Edições 70, 1988.

BITBOL, Michel. "En quoi consiste la révolution quantique ?". In : *Revue Internationale de Systémique* nº 11, pp. 215 - 239, 1997. Disponível em : <<http://michel.bitbol.pagesperso-orange.fr/revolquant>>. Acesso em 21 Jan. 2015.

_____. "Non-representationist theories of knowledge and quantum mechanics". In: *SATS (Nordic Journal of Philosophy)*, 2, pp. 37 - 61, 2001.

_____. "Une science de la conscience équitable: L'actualité de la neurophénoménologie de Francisco Varela". In: *Revue Intellectica* nº 43, 2006, pp. 135 - 157. Disponível em: <<http://www.philosophie.ens.fr/IMG/ConscienceVarela.pdf>>. Acesso em 15 Jan. 2015.

BRENTANO, Franz. *Psychology from an Empirical Standpoint* [1874]. Nova York: Routledge, 1995.

BURKHART, Charles. "Schoenberg's *Farben*: An Analysis of Op. 16 n. 3". In: *Perspectives of New Music* vol. 12 n. 1. Seattle: 1973 - 74, p. 141 - 172.

CARVALHO, Guilherme. "Formaliser la forme" [2005]. In : SOULEZ, Antonia ; VAGGIONE, Horacio (Org.) *Manières de faire des sons*. Paris : L'Harmattan, 2010, pp. 101 - 118.

CATANZARO, Tatiana. "Do descontentamento com a técnica serial à concepção de micropolifonia e da música de textura". In: Anais do XV Congresso da ANPPOM. Rio de Janeiro, UFRJ, 2005, pp. 1246 - 1255.

_____. "La musique spectrale face aux apports technoscientifiques". Tese de Doutorado em Musicologia. Paris : Université Paris IV, 2013.

_____. "Transformações na linguagem musical contemporânea instrumental e vocal sob a influência da música eletroacústica entre as décadas de 1950 - 70". Dissertação de Mestrado. São Paulo: ECA-USP, 2003.

CLARKE, Bruce ; HANSEN, Mark (Ed.) *Emergence and embodiment : New essays on second-order systems theory*. Londres : Duke University Press, 2009.

CHOWNING, John. "The synthesis of complex audio spectra by means of frequency modulation". In : *Journal of the Audio Engineering Society* v. 21, n. 7, 1973, pp. 526 - 534. Disponível em:
<https://ccrma.stanford.edu/sites/default/files/user/jc/fm_synthesispaper-2.pdf>. Acesso em 03 abr. 2015.

COHEN, H. F. *Quantifying music: The science of music at the first stage of scientific revolution 1580 - 1650*. Dordrecht: D. Reidel, 1984.

COLAFRANCESCO, Julien. "Spatialisation de sources auditives étendues: applications musicales avec la bibliothèque HOA". Tese de Doutorado em Artes. Saint Denis: Université Paris 8, 2015.

CONJUNTO DE CANTOR. In: WIKIPÉDIA. Flórida: Wikimedia Foundation, 2015. Disponível em:
<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Conjunto_de_Cantor&oldid=44064150>. Acesso em: 03 Fev. 2016.

COUPRIE, Pierre. "Musique électroacoustique". Disponível em :
<<http://ears.pierrecouprie.fr/spip.php?article3110>>. Acesso em 26 Dez. 2016.

CRAMER, Alfred. "Schoenberg's klangfarbenmelodie: A principle of early atonal music". In: *Music Theory Spectrum* vol. 24 n. 1. University of Califórnia Press, 2002, p. 1 - 34.

DAHLHAUS, Carl. "Schoenberg's Orchestral Piece Op. 16, No. 3 and the Concept of *Klangfarbenmelodie*" [1970]. In: *Schoenberg and the New Music: Essays by Carl Dahlhaus*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989, p. 141-143.

DE BROGLIE, Louis. "Recherches sur la théorie des Quanta". Physics. Migration - université en cours d'affectation, 1924. Disponível em : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00006807>. Acesso em: 28 jan. 2015.

DEBUSSY, Claude. *Preludes*. Paris : Durand & Cie, 1910 (Partitura). Disponível em : http://conquest.imslp.info/files/imglnks/usimg/c/c0/IMSLP00509-Debussy_-_Preludes__Book_1.pdf. Acesso em 22 mar. 2015.

DESTOUCHES, Jean-Louis. "Sur l'interprétation physique des théories quantiques". In: *J. Phys. Radium*, 1952, 13 (7-9), pp. 385 - 391. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00234604>. Acesso em 25 jan. 2015.

DI SCIPIO, Agostino. "Compositional models in Xenakis's electroacoustic music". In : *Perspectives of new music* vol. 36 nº 2. Seattle : 1998, pp. 201 - 243.

DUBNOV, Shlomo; TISHBY, Naftali; COHEN, Dalia. "Polyspectra as Measures of Sound Texture and Timbre". In: *Journal of New Music Research* vol. 26, 1997, pp. 277 - 314.

DUFOURT, Hugues. *La musique spectrale: une révolution épistémologique*. Le Vallier: Éditions Delatour France, 2014.

EIMERT, Herbert. "Debussy's Jeux". In: *Die Reihe* vol. 5. Londres: Universal Edition, 1959, pp. 3 - 20.

EIMERT, Herbert; STOCKHAUSEN Karlheinz (Ed.). *Die Reihe* vol. 1 *Electronic music*. London: Universal Edition, 1958 (tradução inglesa).

FASTL, H; ZWICKER, E. *Psychoacoustics: facts and models*. Nova York: Springer, 2007.

FERRAZ, Silvio. "Criação musical com suporte tecnológico". In: *Anais do XII Encontro anual da ANPPOM*, 1999. Salvador: UFBA, 1999. Disponível em: <http://sferraz.mus.br/anp99.htm>. Acesso em 01 mar. 2015.

_____. György Ligeti: 10 peças para quinteto de sopros (1968). Slides produzidos para o curso Trajetórias do Objeto Sonoro. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Semiótica, PUC-SP, 1998.

_____. "Notas do caderno amarelo: a paixão do rascunho". Tese de livre Docência. Campinas: Unicamp, 2008. Disponível em http://www.openthesis.org/document/view/601058_0.pdf . Acesso em 23/04/2013.

FÖRTIG, Peter. "Arnold Schönberg Über Klangfarbe: Analyse des Opus 16 Nr. 3". In *Melos Zeitschrift für neue Musik*. Mainz: 1969, p. 206 – 209.

FRESNEL, Augustin-Jean. *Œuvres complètes tomes I, II et III*. Paris : Imprimerie Impériale, 1866.

GABOR, Dennis. "Theory of communication". In: *The Journal of Institution of Electrical Engineers*, v. 93 n. 3. Londres, pp. 429-457, 1945.

GALLO DIAS, Helen. "Ligeti e suas experiências eletrônicas: rumo à expansão da escrita pianística". In: Anais do XXIII Congresso da ANPPOM. Natal, UFRN, 2013.

_____. *Música de duas dimensões: Correspondência entre os universos instrumental e eletroacústico*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

GOETHE, Johann W. *Theory of Colours*. Londres: John Murray, 1840. Disponível em: <http://books.google.com>. Acesso em 05 set. 2013.

GÓMEZ, Emilia; BONADA, Jordi. "Tonality visualization of polyphonic audio". In: *Proceedings of the International Computer Music Conference ICMC 2005*. Barcelona: 2005, p. 77 - 86.

GRISEY, Gérard. "À propos de la synthèse instrumentale" [1979]. In : GRISEY, Gérard. *Écrits ou l'invention de la musique spectrale*. Paris : Éditions MF, 2008, pp. 35 - 37.

_____. *Écrits ou l'invention de la musique spectrale*. Paris : Éditions MF, 2008.

_____. "La musique : le devenir des sons" [1982]. In : GRISEY, Gérard. *Écrits ou l'invention de la musique spectrale*. Paris : Éditions MF, 2008, pp. 45 - 56.

_____. *Le temps et l'écume* (Partitura). Milão : Ricordi, 1989.

_____. *Modulations pour 33 musiciens* (Partitura). Milão : Ricordi, 1978.

_____. *Partiels pour 18 musiciens* (Partitura). Milão : Ricordi, 1975.

_____. "Structuration des timbres dans la musique instrumentale" [1991]. In : GRISEY, Gérard. *Écrits ou l'invention de la musique spectrale*. Paris : Éditions MF, 2008, pp.89 - 120.

_____. "Tempus ex-machina : Réflexions d'un compositeur sur le temps musical". In : GRISEY, Gérard. *Écrits ou l'invention de la musique spectrale*. Paris : Éditions MF, 2008, pp. 57 - 88.

GUILLOT, Pierre. "Documentation de la bibliothèque HOA : L'ambisonie d'ordre supérieur". Paris : CICM Université Paris 8, Labex Arts H2H, 2012 - 2013. Disponível em: < <http://www.mshparisnord.fr/hoalibrary/ambisonie/ambisonie-ordre-superieur/> >. Acesso em 23 Jan. 2015.

_____. "Les traitements musicaux en ambisonie". Dissertação de Mestrado em Música. Paris : Université Paris 8, 2012 - 2013.

HARKER, Alexander; TREMBLAY, Pierre Alexander. "The HISSTools Impulse Response Toolbox: Convolution for the Masses". In: ICMC 2012: Non-cochlear

Sound. The International Computer Music Association, 2012, pp. 148-155.
Disponível em: <http://eprints.hud.ac.uk/14897/1/HISSTools_IR_Toolbox.pdf>.
Acesso em 22 Ago. 2016.

HEISENBERG, Werner. *Physics and philosophy: The revolution in modern science* [1958]. 3ª Ed. London: Unwin University Books, 1971.

HELMHOLTZ, Hermann Von. *On the sensations of the tone as a physiological basis for the theory of music* [1875]. New York: Dover Publications. 1954.

_____. *Théorie physiologique de la musique fondée sur l'étude des sensations auditives*. Paris: Victor Masson et Fils, 1868.

_____. *Treatise on physiological optics vol. II: The sensations of vision* [1911]. Nova York: The Optical Society of America, 1924. Disponível em: <<http://poseidon.sunyopt.edu/BackusLab/Helmholtz/>>. Acesso em 02 set. 2013.

HILLER, Lejahren ; ISAACSON, Leonard. *Experimental music : Composition with an electronic computer*. Nova York, MacGraw-Hill, 1959.

HUSSERL, Edmund. *Lições para uma fenomenologia da consciência interna do tempo* [1905 - 1910]. Lisboa : Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1994.

JONES, Richard K. "Seebeck vs. Ohm". In: *The Well-tempered Timpani* [2011]. Disponível em: <http://wtt.pauken.org/?page_id=1630>. Acesso em 21 abr. 2016.

KENDALL, Garry. "The Decorrelation of Audio Signals and its Impact in Spatial Imagery". In: *Computer Music Journal* vol. 19 nº 4. Cambridge: The MIT Press, 1995, pp. 71 - 87.

KIENTZY, Daniel. *Les sons multiples aux saxophones*. Paris: Salabert, 1996.

KOENIG, Gottfried Michael. "Complex sounds" [1965]. Disponível em: <http://www.koenigproject.nl/Complex_Sounds.pdf>. Acesso em: 1 Abr. 2016.

_____. "Genesis of form in technically conditioned environments". In: *Interface* 16:3, 1987, pp. 165 - 175.

_____. "The Construction of Sound" [1963]. Disponível em: <http://www.koenigproject.nl/Construction_of_Sound.pdf>. Acesso em: 1 Abr. 2016.

KOFFKA, Kurt. *Principles of Gestalt Psychology*. London: Lund Humphries, 1935.

KÖHLER, Wolfgang. *Gestalt Psychology: An Introduction to New Concepts in Modern Psychology* [1929]. Nova York: Liveright, 1947.

KREIDLER, Johannes. *Programming electronic music in Pd*. Hofheim: Wolke Verlag, 2009. Disponível em: <<http://www.pd-tutorial.com/english/index.html>>. Acesso em 23 jul. 2014.

LALIBERTÉ, Martin. "Pistes analytiques pour *Till* d'Horacio Vaggione" [2005], In: SOLOMOS, (Org.). *Espaces composables : essais sur la musique et la pensée Musicale d'Horacio Vaggione*. Paris : L'Harmattan, 2007, pp. 161 - 225.

LEÃO MAIA, Igor. "*Klangfarbenmelodie*: Orquestração do Timbre". Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas: Campinas, 2013.

_____. "Uma análise da organização e fragmentação da orquestração de *Farben* de Arnold Schoenberg". In: *Anais do Encontro Internacional de Teoria e Análise Musical 3*. São Paulo: ECA.USP, 2013, pp. 209 - 217.

LIGETI, György. *Artikulation* (audio-partitura de Rainer Wehinger). Mainz: Schott, 1970.

_____. "Aspect du langage musicale de Webern" [1970]. In: LIGETI, György. *Neuf essais sur la musique*. 3ª Ed. Genebra: Contrechamps, 2010, pp. 33 - 63.

_____. *Bläserquintett Des Südwestfunks*. Mainz: Wergo, 1988. Compact Disc. Gravação das 10 peças para quinteto de sopros.

_____. "Évolution de la forme musicale" [1958]. In: LIGETI, György. *Neuf essais sur la musique*. 3ª Ed. Genebra: Contrechamps, 2010, pp. 119 - 137.

_____. "La forme dans la musique nouvelle" [1966]. In LIGETI, György: *Neuf essais sur la musique*. 3ª Ed. Genebra: Contrechamps, 2010, pp. 139 - 152.

_____. *Melodien* (Partitura). Mainz: Schott, 1973.

_____. "Musique et technique: Expériences personnelles et considérations subjectives" [1980]. In: LIGETI, György. *Neuf essais sur la musique*. 3ª Ed. Genebra: Contrechamps, 2010, pp. 169 - 194.

_____. *Neuf essais sur la musique*. 3ª Ed. Genebra : Contrechamps, 2010.

_____. *Zehn Stücke für Bläserquintett* (Partitura). Mainz: Schott, 1968.

LÓPEZ LÓPEZ, José Manuel. *Concierto para piano e orquestra* (Partitura). Edição manuscrita do compositor (2005).

_____. *Conciertos*. Deutsches Symphonie Orchester Berlin. Berlim: Kairos, 2012. Compact disc.

MALHAM, Dave. "El espacio acústico tridimensional y su simulación por medio de Ambisonics". In: BASSO, Gustavo; DI LISCIA, Oscar Pablo; PAMPIN, Juan (Org.). *Musica y espacio: ciencia, tecnología y estética*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes Editorial, 2009, pp. 161 - 202. Trad. Espanhola: Oscar Pablo Di Liscia.

MAX ANALYSIS TUTORIAL 4: Signal Processing with pfft~. Disponível em: <https://docs.cycling74.com/max7/tutorials/14_analysischapter04>. Acesso em 19 Ago. 2016.

MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana* [1984]. Palas Athena. São Paulo: 9ª Ed., 2011.

_____. *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living* [1972]. Dordrecht: D. Reidel, 1980.

MCADAMS, Stephen. "Spectral Fusion, Spectral Parsing and the Formation of Auditory Images". Tese de Doutorado em Filosofia (Ciências da Escuta e da Fala). Stanford: Center for Computer Research in Music and Acoustics, Stanford University (CCRMA), 1984.

MENEZES, Flo. *Atualidade estética da música eletroacústica*. São Paulo: FEU - Fundação Editora da UNESP, 1999.

_____. "For a Morphology of Interaction". In: *Organized sound* vol. 7 nº 3. Cambridge: Cambridge University Press, 2002, pp. 305 - 311.

_____. "Fusão e contraste entre a escritura instrumental e as estruturas eletroacústicas". In: *Atualidade estética da música eletroacústica*. São Paulo: FEU - Fundação Editora da UNESP, 1998, pp. 13 - 20.

_____. *Música eletroacústica: História e estéticas* [1996]. 2ª Ed. São Paulo: Edusp, 2009.

_____. "To Be and Not To Be: Aspects of the Interaction Between Instrumental and Electroacoustic Compositional Methods". In: *Leonardo Music Journal* vol. 7, 1997, pp. 3 - 10.

_____. "Um olhar retrospectivo sobre a história da música eletroacústica" [1991]. In: MENEZES, Flo (Org.). *Música eletroacústica: história e estéticas*. 2ª Ed. Edusp, 2009, pp. 17 - 48.

MERLEAU-PONTY, Maurice. *Fenomenologia da percepção* [1945]. São Paulo: Martins Fontes, 2ª Ed., 1999.

_____. *O olho e o espírito* [1964]. São Paulo: Cosac Naify, 2013.

MEYER-EPPLER, Werner. "Problemas estatísticos e psicológicos da música eletrônica" [1954] In: MENEZES, Flo. *Música eletroacústica: historia e estéticas*. 2ª Ed. Edusp, 2009, pp. 73 - 79.

_____. "Statistic and psychologic problems of sound" [1954]. In: EIMERT, H; STOCKHAUSEN, K. (Eds.). *Die Reihe* vol. 1, *Electronic Music*. Pennsylvania: Theodore Presser Co, 1958.

MOORER, James. "Signal Processing Aspects of Computer Music: A Survey". In: *Proceedings of the IEEE*, vol. 65 n° 8, 1977, pp. 1108 - 1137. Disponível em: <<http://www.jamminpower.com/PDF/Signal%20Processing%20Aspects.pdf>>. Acesso em 23 mar. 2015.

MOLES, Abraham. *Teoria da informação e percepção estética* [1957]. Rio de Janeiro: Edições Tempo Brasileiro, 1969.

MORRISON, Charles D. "Stepwise continuity as a structural determinant in György Ligeti's *Ten pieces for wind quintet*". In: *Perspectives of new music*. Seattle, v. 24, n° 1, p. 158 – 82, 1984.

MURAIL, Tristan. "A propos d'une musique de déserts d'amour... ". Notas do CD Accord 204672, 1995. Disponível em : <<http://www.lescarnetsbagouet.org>>. Acesso em 16 Jan. 2015.

_____. "Questions de cible" [1989]. In : *Revue Entretemps* v. 8, 1989, pp. 147 - 172.

_____. *Treize couleurs du soleil couchant pour flûte, clarinette, violon, violoncelle et piano (dispositif électronique ad libitum)* (Partitura). Paris : Editions Musicales Transatlantiques, 1978.

NEWTON, Isaac. *Opticks or a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light*. Londres: William Innys, 1730.

OHM, Georg Simon. Ueber die Definition des Tones, nebst daram geknüpfter Theorie der Sirene und ähnlicher tonbildender Vorrichtungen. In : *Annalen der Physik und Chemie* 59, 1843, pp. 513 - 565.

PARNCUTT, Richard. *Harmony: A psychoacoustical approach*. Nova York: Springer, 1989.

PEETERS, Geoffroy. "A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the CUIDADO project". Paris: IRCAM, 2004.

PENELAUD, Olivier. "Le paradigme de l'éénaction aujourd'hui. Apports et limites d'une théorie cognitive révolutionnaire". In: *Revue Plastir* n° 18, 2010. Disponível em: <<http://plasticities-sciences-arts.org/PLASTIR/Penelaud%20P18.pdf>>. Acesso em 12 Jan. 2015.

PLANCK, Max. "On the Theory of the Energy Distribution Law of the Normal Spectrum" [1900]. Tradução inglesa. *The Old Quantum Theory*. Ed. D ter Haar. Pendragon Press, 1987, p. 82.

PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. São Paulo: Editora UNESP, 1996.

PUCKETTE, Miller. *The theory and technique of electronic music*. Hackensack: World Scientific Press, 2007. Disponível em: <<http://msp.ucsd.edu/techniques.htm>>. Acesso em 23 jul 2014.

RISSET, Jean-Claude. "An Introductory Catalogue of Computer Synthesized Sounds". Murray Hill: Bell Telephone Laboratories, 1969.

_____. "Computer Music Experiments 1964 -...". In: *Computer Music Journal* vol. 9 nº 1, 1985, pp. 11 - 18.

RISSET, Jean-Claude; WESSEL, David L. "Exploration of Timbre by Analysis and Synthesis". In: DEUTSCH, Diana (Ed.). *The Psychology of Music*. 2ª Ed. San Diego: Academic Press, 1999, pp. 113 - 169.

ROADS, Curtis. *Microsound*. Cambridge: The MIT Press, 2001.

_____. "The Art of Articulation: The Electroacoustic Music of Horacio Vaggione". In: *Contemporary Music Review* vol. 24 nº 4/5 August/October 2005. Routledge, 2005, pp. 295 - 309. Disponível em: <http://clang.mat.ucsb.edu/articles_files/ArtofArticulationReprint.pdf>. Acesso em 28 abr. 2015.

_____. *The computer music tutorial*. Cambridge : The MIT Press, 1996.

ROSSETTI, Danilo. "A crise da música serial segundo Iannis Xenakis". Trabalho de Iniciação Científica IA/UNESP. São Paulo: Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2009. Apoio FAPESP.

ROSSETTI, Danilo; FERRAZ, Silvio. "Forma musical como um processo: do isomorfismo ao heteromorfismo". In: *Revista OPUS* vol. 22 nº 1, 2016, pp. 59 - 96. Disponível em : <<http://www.anppom.com.br/revista/index.php/opus/article/view/372/336>>. Acesso em 20 Jul. 2016.

_____. "O tempo e sua reflexão a partir da obra de Iannis Xenakis". Dissertação de mestrado IA/UNESP. São Paulo : Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2012. Apoio CAPES.

RUFER, Josef. "Noch einmal Schönbergs Opus 16". In: *Melos Zeitschrift für neue Musik*. Mainz: 1969, p. 366 - 368.

RUSSOLO, Luigi. "A arte dos ruídos manifesto futurista" [1913]. In: MENEZES, Flo. *Música eletroacústica história e estéticas*. 2ª Ed. São Paulo: EDUSP, 2009, pp. 51 - 55.

SCHOENBERG, Arnold. "Anton Webern: *Klangfarbenmelodien*" [1951]. In: SCHOENBERG, A. *Style and Idea: Selected writings of Arnold Schoenberg*. Berkeley: University of California Press, 1975, p. 484-485.

_____. *Die Gluckliche Hand* Op. 18. Viena: Universal Edition, 1917 (Partitura).

_____. *Fünf Orchesterstücke* Op. 16. Leipzig: Edition Peters, 1922 (Partitura).

_____. *Harmonia* [1922]. São Paulo: Editora UNESP, 2001.

SARTI, Alessandro ; MONTANARI, Federico ; GALOFARO, Francesco (Ed.). *Morphogenesis and individuation*. Nova York : Springer, 2015.

SCHOUTEN, J. F. "The Perception of Subjective Tones". In: Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 1938, 41, pp. 1083 - 1093.

_____. (1940a). "The Residue and the Mechanism of Hearing" [1940]. Disponível em: <<http://www.dwc.knaw.nl/DL/publications/PU00017508.pdf>>. Acesso em 23 jun. 2016.

_____. (1940b). "The Residue: A New Component in Subjective Sound Analysis". In: Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 1940, 43 (3), pp. 356 - 365.

SEDES, Anne. "Approche musicale de la décorrélacion microtemporelle dans la bibliothèque HOA". In : *Actes de conférence des Journées d'Informatique Musicale*, Montréal, 2015. Disponível em : http://jim2015.oicrm.org/actes/JIM15_Sedes_A.pdf.

_____. "A propos du temps dans la musique d'Horacio Vaggione". In : SOLOMOS, Makis (Org.). *Espaces composites : essais sur la musique et la pensée musicale d'Horacio Vaggione*. Paris : L'Harmattan, 2007, pp. 89 - 98.

_____. "Les espaces acoustiques : mise en temps, mise en œuvre". Conférence dans la *Citéscopie Gérard Grisey*. Paris : Cité de la Musique, 14/12/2013.

_____. *Les modèles acoustiques et leurs applications en musique : le cas du courant spectral français*. Tese de doutorado em música. Saint Denis : Université Paris VIII, 2000.

SCHAEFFER, Pierre. *Ensaio sobre o rádio e o cinema: estética e técnica das artes-relé (1941-1942)*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

_____. *Traité des objets musicaux: essai interdisciplines*. Paris : Éditions Du Seuil, 1966.

SEEBECK, August. *Akustik*. Berlim : Veit & Comp, 1842.

_____. "Beobachtungen über einige Bedingungen der Entstehung von Tönen". In: *Analén der Physik und Chemie* v. 53, 1841, p. 417 - 36.

_____. "Ueber die Sirene". In: *Analén der Physik und Chemie* v. 60, 1843, p. 449-81.

SHAWN, Allen. *Arnold Schoenberg's journey*. Cambridge: Harvard University Press, 2003.

SHEPARD, Roger. "Circularity in judgments of relative pitch". In *The journal of the acoustical society of America* v. 36 n. 2. Melville: 1964, p. 2346 - 2353.

SIMONDON, Gilbert. *Communication et information : cours et conférences*. Chatou : Les Éditions de la Transparence, 2010.

_____. "Cours sur la communication" [1971 - 72]. In : SIMONDON, Gilbert. *Communication et information : cours et conférences*. Chatou : Les Éditions de la Transparence, 2010, pp. 53 - 175.

_____. *Cours sur la perception* [1964 - 65]. Paris : Presses Universitaires de France, 2013.

_____. *Du mode d'existence des objets techniques* [1958]. Paris: Aubier, 1989.

_____. *Imagination et invention* [1965 - 66]. Chatou : Les Éditions de la Transparence, 2009.

_____. "L'amplification dans les processus d'information" [1962]. In : SIMONDON, Gilbert. *Communication et information : cours et conférences*. Chatou : Les Éditions de la Transparence, 2010, pp. 157 - 176.

_____. *L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information* [1958]. Grenoble : Jérôme Millon, 2005.

_____. "Perception et modulation" [1968]. In : SIMONDON, Gilbert. *Communication et information : cours et conférences*. Chatou : Les Éditions de la Transparence, 2010, pp. 187 - 197.

SIMURRA, Ivan ; FERRAZ, Silvio. "A utilização de técnicas apreendidas em estúdio como princípios composicionais em *Atmosphères*". In: Anais do XX Congresso da ANPPOM. Florianópolis, UDESC, 2010, pp. 142 - 148.

SOLOMOS, Makis. *De la musique au son: l'émergence du son dans la musique des XXe e XXIe siècles*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes, 2013.

_____. (Org.). *Espaces composables : essais sur la musique et la pensée Musicale d'Horacio Vaggione*. Paris : L'Harmattan, 2007.

_____. "The granular connection (Xenakis, Vaggione, Di Scipio...). In: Symposium *The Creative and Scientific Legacies of Iannis Xenakis* (2006). Disponível em: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/77/00/88/PDF/The_granular_connection.pdf> Acesso em 12 Jun. 2013.

_____. Xenakis First Composition in *Musique Concrète: Diamorphoses*. In: Xenakis International Symposium 2011. Goldsmiths University of London, Londres, 2011.

SOULEZ, Antonia; VAGGIONE, Horacio (Org.). *Manières de faire des sons*. Paris : L'Harmattan, 2010.

STEWART, G. W. "Problems suggested by an uncertainty principle in acoustics". In: Journal of Acoustic Society of America n. 2, 1931, pp. 325 - 329.

STOCKHAUSEN, Karlheinz. "... How time passes by...". In : *Die Reihe* v. 3, 1959, pp. 10 – 40. English Version. Trad. Cornelius Cardew.

_____. "A unidade do tempo musical" [1963]. In: MENEZES, Flo (Org.). *Música eletroacústica: história e estéticas*. 2ª Ed. São Paulo: Edusp, 2009.

_____. *Kontakte für elektronische Klänge, Klavier und Schlaugzeug* (Partitura). Londres : Universal Edition, 1966.

_____. *Mixtur für Orchester, Sinusgeneratoren und Ringmodulatoren* (Partitura). Londres : Universal Edition, 1964.

_____. "Momentform : Nouvelles corrélations entre durée d'exécution, durée de l'œuvre et moment" [1963]. In : *Contrechamps* n. 9 *Karlheinz Stockhausen*. Paris : Éditions L'Age d'homme, 1989, pp. 101 - 120.

_____. "Musique dans l'espace" [1958]. In : *Contrechamps* n. 9 *Karlheinz Stockhausen*. Paris : Éditions L'Age d'homme, 1989, pp. 78 - 99.

_____. *Studie II* (Partitura). Londres : Universal Edition, 1956.

TAMAIIO, Arturo. *Mixtur* (Karlheinz Stockhausen). Notas de programa. Lugano: Conservatorio della Svizzera Italiana, 10 de fevereiro de 2013. Disponível em: <http://www.conservatorio.ch/allegati/manager/900/1213/03_CONCERTO10FEBBRAIO2013.pdf>. Acesso em: 24 Mar. 2015.

TERHARDT, Ernst. "Pitch, consonance and harmony". In: *Journal of Acoustic Society of America*. Melville, v. 55, n. 5, p. 1061 - 69, 1974.

_____. "Psychoacoustic evaluation of musical sounds". In: *Perception & Psychophysics* v. 23, n. 6. Madison, p. 483 - 92, 1978.

THOM, René. *Apologie du logos*. Paris: Hachette, 1990.

_____. "L'art, lieu du conflit des formes et des forces" [1984]. In: THOM, René. *Apologie du logos*. Paris: Hachette, 1990. pp. 131 - 138.

_____. *Esquisse d'une sémiophysique: Physique aristotélicienne et théorie des catastrophes*. Paris: InterEditions, 1988.

_____. “Le statut épistémologique de la théorie des catastrophes” [1976]. In: THOM, René. *Apologie du logos*. Paris: Hachette, 1990. pp. 395 - 410.

_____. “Les théories de la morphogenèse”. In: THOM, René. *Apologie du logos*. Paris: Hachette, 1990. pp. 183 - 205.

_____. “Morphologie du sémiotique” [1981]. In: THOM, René. *Apologie du logos*. Paris: Hachette, 1990. pp. 53 - 65.

_____. *Parábolas e catástrofes. Entrevista sobre matemática, ciência e filosofia conduzida por Giulio Giorello e Simona Morini*. Lisboa: Dom Quixote, 1985.

_____. *Stabilité structurelle et morphogénèse*. Paris: Interédition, 1977.

TRUAX, Berry. “Composing with real-time granular sound”. In: *Perspectives of new music* vol. 28 n° 2. Seattle, 1990, pp. 120 - 134.

_____. “Real-time granular synthesis with a digital signal processor”. In: *Computer Music Journal* vol. 11 n° 2. Cambridge: The MIT Press, 1988, pp. 14 - 26.

TURING, Alan. “The chemical basis of morphogenesis”. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, vol. 237, n° 641. The Royal Society, 1952, pp. 37 - 72.

VAGGIONE, Horacio. “Composer avec des objets, réseaux et échelles temporelles”. Interview de Oracio Budón. In: SOLOMOS, M. (Org.). *Espaces composables : essais sur la musique et la pensée Musicale d’Horacio Vaggione*. Paris : L’Harmattan, 2006, pp. 101 - 119.

_____. “Compostion musicale: représentations, granularités, émergences”. In: *Revue Intellectica* n. 48 - 49. Paris: 2008, pp. 155 - 174.

_____. “Décorrélacion microtemporelle: morphologies et figurations spatiales. In: Journées d’Informatique Musicale, 2002. Disponível em: <http://jim.afim-asso.org/jim2002/articles/L27_Vaggione.pdf>. Acesso em 21 Nov. 2014.

_____. *Entrevista sob a direção de Anne Sèdes*. Participação dos doutorandos Danilo Rossetti, Harold Vasquez-Castañeda, João Svidzinski, Gabriel Ledoux e Ary Carpmann. Saint Denis: CICM/MSH/Université Paris 8, 28 Mai. 2015 (não publicada).

_____. *Musiques pour piano et électroacoustique*. Philip Mead (piano). Bourges: Mnémosyne musique média, 1995. Compact disc.

_____. “Objets, représentations, opérations” (2001). In: *Revue Ars Sonora* n° 2. Disponível em: <<http://www.ars-sonora.org/html/numeros/numero02/02e.htm>>. Acesso em 19 Abr. 2015.

_____. "Représentations musicales numériques: temporalités, objets, conextes" [2010]. In: SOULEZ, Antonia; VAGGIONE, Horacio (Dir.). *Manières de faire des sons*. Paris : L'Harmattan, 2010, pp. 45 - 82.

_____. "Some ontological remarks about music composition processes". In: *Computer Music Journal* vol. 25, nº 1. Cambridge: The MIT Press, 2001, pp. 54 - 61.

_____. *Till pour piano et dispositif électroacoustique* (Partitura). Edição do compositor, 1991.

_____. "Timbre as syntax: A spectral modeling approach. In: *Contemporary music review* vol. 10, Part 2, 1994, pp. 73 - 83.

VARELA, Francisco. *Conhecer: as ciências cognitivas, tendências e perspectivas*. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.

VARELA, Francisco; SHEAR, Jonathan (Ed.). *The view from within: First-person approaches to the study of consciousness*. Thorventon: Imprint Academic, 1999.

VARELA, Francisco; THOMPSON, Evan; ROSCH, Eleanor. *A mente corpórea: ciência cognitiva e experiência humana*. Lisboa: Instituto Piaget, 2001.

VELLOSO, José Henrique Padovani. "Música e técnica: reflexão conceitual, mecanologia e criação musical". Tese de Doutorado em Música. Campinas, IA-UNICAMP, 2013.

VILLEGAS, Julián ; COHEN, Michael. "Roughometer": Real time roughness calculation and profiling. In: Audio Engineering Society Convention, 125, 2008, San Francisco. Disponível em: <<http://web-ext.u-aizu.ac.jp/~mcohen/welcome/publications/AES125-000123.pdf>> Acesso em 7 Mar. 2014.

VON EHRENFELS; Christian. "Über Gestaltqualitäten". In: *Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie*, 14, 1890, pp. 249 - 92.

WAGNER, Richard. *Tristan und Isolde (Vorspiel)*. Budapest: Könnemann, 1994 [1860] (Partitura). Disponível em: <http://petrucci.mus.auth.gr/imglnks/usimg/f/f8/IMSLP20351-PMLP03546-Wagner_Tristan_und_Isolde_Vorspiel_fs.pdf>. Acesso em 22 Mar. 2015.

WEIDENAAR, Reynold; MOOG, Robert (Ed.). *Electronic music review* vol. 1. Trumansburg: Independent Electronic Music Center, 1967.

WERTHEIMER, Max. "Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung". In: *Zeitschrift für Psychologie*: Leipzig, 1912.

WIENER, Norbert. "Spatio-temporal continuity, quantum theory and music" [1964]. In: Capek, M. (Ed.) *The Concepts of Space and Time*. Boston: Reidel, 1975.

WILDGEN, Wolfgang. "Thom's Theory of Saillance and Prégance and Modern Evolutionary Linguistics". In: WILDGEN, W; BRANDT, P. (Ed.) *Semiosis and Catastrophes. René Thom's Semiotic Heritage*. Berna: Lang, 2010, pp. 79 - 100.

WILSON, Peter Niklas. "Vers une écologie des sons : *Partiels* de Gérard Grisey et l'esthétique du groupe l'itinéraire". In : *Revue Entretemps* v. 8, 1989, pp. 55 - 81.

XENAKIS, Iannis. *Kéleütha écrits*. Paris : L'Arche, 1994.

_____. "La crise da la musique sérielle" [1954]. In: XENAKIS, I. *Kéleütha écrits*. Paris: L'Arche, 1994, pp. 39 - 43.

_____. "La voie de la recherche et de la question" [1965]. In: XENAKIS, Iannis. *Kéleütha écrits*. Paris: L'Arche, 1994, pp. 67 - 87.

_____. "Les chemins de la composition musicale" [1981]. In: XENAKIS, I. *Kéleütha écrits*. Paris: L'Arche, 1994, pp. 15 - 33.

_____. "Lettre à Hermann Scherchen" [1956a]. In: XENAKIS, I. *Kéleütha écrits*. Paris: L'Arche, 1994, pp. 44 - 45.

_____. *Metastasis/ Pithoprakta/ Eonta*. Orquestra Nacional da l'ORTF/Maurice Le Roux/. Compact Disc. Paris: Le Chant du Monde / Harmonia Mundi, 2001.

_____. *Musique architecture*. Tornai : Casterman, 1976.

_____. *Musiques formelles*. La Revue Musicale. Paris: Richard Masse, 1962.

_____. *Pithoprakta* (Partitura). Londres : Boosey & Hawkes, 1967.

_____. "Théorie des probabilités et composition musicale" [1956b]. In: XENAKIS, I. *Kéleütha écrits*. Paris: L'Arche, 1994, pp. 46 - 55.

_____. "Vers une métamusique" [1967]. In: XENAKIS, Iannis. *Musique architecture*. Tornai: Casterman, 1976, pp. 38 - 70.

YOUNG, La Monte. "Entrevista". In: *L'oeil* nº 506, 1999, p. 7. Disponível em: <http://www.exporevue.com/magazine/fr/interview_monteyoung.html>. Acesso em 23 Set. 2015.

ZUBEN, Paulo. *Ouvir o som*. Cotia: Ateliê Editorial, 2005.

_____. "Planos sonoros: a experiência da simultaneidade na música do século XX". Tese de doutorado em Música. São Paulo: Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo, 2009.

Partituras

***Magma* para flautas em Dó e Sol e eletrônica em tempo real (2013)**

DANILO ROSSETTI

MAGMA


PARA FLAUTA E ELETRÔNICA
EM TEMPO REAL

2013
REV. 11.2016

DURAÇÃO

CA. 10'20"

INSTRUÇÕES



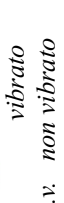
trilo o mais rápido possível




glissando, na medida do possível, com evolução gradual e linear




tremolo



vibrato



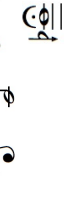
non vibrato




jet whistle



frullato




tremolando



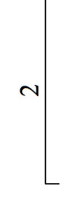
multifônico




som eólico



tocar e cantar



estes acidentes representam pequenas variações na afinação, de cerca de 1/8 de tom



trecho a ser captado para processamento em tempo real

- Os acidentes afetam apenas as mesmas notas do compasso com a mesma altura. Diferentes oitavas não são afetadas
 - Para a flauta e Sol a notação é transposta
 - A eletrônica em tempo real é gerada através do programa Max 7, que operam filtros, *delays* e processos de síntese granular a partir do som captado da flauta. Tratamentos e espacialização em ambisonia (4 ou 8 canais) realizados a partir da biblioteca HOA (*High Order Ambisonics Library*)
 - Os *presets* que acionam os sons e os tratamentos eletroacústicos são numerados (de 1 a 27) e indicados acima dos pentagramas. Seu acionamento pode ser feito através da barra de espaço do teclado do computador, pedal de *sustain* ou pedal MIDI. O local em que os *presets* devem ser acionados são indicados por uma seta
 - O acionamento do *freeze* ocorre de maneira automática dentro do *patch*
- Para ter acesso aos *patches*, entrar em contato com o compositor.
danilo_rossetti@hotmail.com

3

Como se a flauta soasse de muito longe e, aos poucos, fosse se aproximando. Tocar de maneira calma e deixar algum espaço de tempo dentro as frases.

DANILO ROSSETTI

[illegible]

5:4

mp

p

2

Ca. 26"

3. Rec 1

4. Play 1

11

6. Play 2

7. Rec 3

musical score for "The Swan" by Camille Saint-Saëns, featuring a piano and a trumphet. The score is in 4/4 time and consists of two systems. The first system has a 5:4 ratio and the second has a 6:4 ratio. The piano part is marked "molto vibrato" and the trumphet part is marked "tr". Dynamics include mp, mf, and p.

8. Play 3 Rec 4

The musical score for 'The Rose Tree' is presented in a single system. It features a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The time signature is 7/4, indicated by a bracket above the staff. The melody is written in a single line, with various notes and rests. The lyrics are written below the staff, aligned with the notes. The score includes dynamic markings: *mp* (mezzo-piano) at the beginning, *mf* (mezzo-forte) in the middle, and *f* (forte) towards the end. The piece concludes with a double bar line and a repeat sign.

10. Rec 5

The image shows two musical staves. The first staff, labeled '9. Play 4', begins with a treble clef and a 4/4 time signature. It contains a single note on the first line (F4) marked 'Gliss.'. This is followed by a measure with a whole note on the second line (G4). A bracket connects this note to a measure further right, which contains a whole note on the second line (G4) marked 'mf'. The staff then continues with a measure of a whole note on the second line (G4) marked 'f', followed by a measure of a whole note on the second line (G4) marked 'f'. The second staff, labeled '10. Rec 3', begins with a treble clef and a 4/4 time signature. It contains a single note on the first line (F4) marked 'Gliss.'. This is followed by a measure with a whole note on the second line (G4). A bracket connects this note to a measure further right, which contains a whole note on the second line (G4) marked 'mf'. The staff then continues with a measure of a whole note on the second line (G4) marked 'f', followed by a measure of a whole note on the second line (G4) marked 'f'. The staff concludes with a double bar line and a 5/4 time signature.

11. Play 5

20

mp *p*

7:4 9:8 6:4

frullato

//

molto vibrato

pp *al niente*

//

12. Play Tape 2

25

pp *al niente*

Ca. 25"

//

3 Poco piu lento ♩ = 60

flauta em Dó

pp *mp* *p*

5:4 6:4

14. Play 6

15. Rec 7

16. Play 7

17. Rec 8

Musical score for "The Rose Tree". The score is written for a single melodic line on a treble clef staff. The key signature is one sharp (F#), and the time signature is 4/4. The melody begins with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The first measure is a whole note G4. The second measure is a whole note A4. The third measure is a whole note B4. The fourth measure is a whole note D#5. The fifth measure is a whole note G4. The sixth measure is a whole note A4. The seventh measure is a whole note B4. The eighth measure is a whole note D#5. The ninth measure is a whole note G4. The tenth measure is a whole note A4. The eleventh measure is a whole note B4. The twelfth measure is a whole note D#5. The thirteenth measure is a whole note G4. The fourteenth measure is a whole note A4. The fifteenth measure is a whole note B4. The sixteenth measure is a whole note D#5. The seventeenth measure is a whole note G4. The eighteenth measure is a whole note A4. The nineteenth measure is a whole note B4. The twentieth measure is a whole note D#5. The twenty-first measure is a whole note G4. The twenty-second measure is a whole note A4. The twenty-third measure is a whole note B4. The twenty-fourth measure is a whole note D#5. The twenty-fifth measure is a whole note G4. The twenty-sixth measure is a whole note A4. The twenty-seventh measure is a whole note B4. The twenty-eighth measure is a whole note D#5. The twenty-ninth measure is a whole note G4. The thirtieth measure is a whole note A4. The thirty-first measure is a whole note B4. The thirty-second measure is a whole note D#5. The thirty-third measure is a whole note G4. The thirty-fourth measure is a whole note A4. The thirty-fifth measure is a whole note B4. The thirty-sixth measure is a whole note D#5. The thirty-seventh measure is a whole note G4. The thirty-eighth measure is a whole note A4. The thirty-ninth measure is a whole note B4. The fortieth measure is a whole note D#5. The forty-first measure is a whole note G4. The forty-second measure is a whole note A4. The forty-third measure is a whole note B4. The forty-fourth measure is a whole note D#5. The forty-fifth measure is a whole note G4. The forty-sixth measure is a whole note A4. The forty-seventh measure is a whole note B4. The forty-eighth measure is a whole note D#5. The forty-ninth measure is a whole note G4. The fiftieth measure is a whole note A4. The fifty-first measure is a whole note B4. The fifty-second measure is a whole note D#5. The fifty-third measure is a whole note G4. The fifty-fourth measure is a whole note A4. The fifty-fifth measure is a whole note B4. The fifty-sixth measure is a whole note D#5. The fifty-seventh measure is a whole note G4. The fifty-eighth measure is a whole note A4. The fifty-ninth measure is a whole note B4. The sixtieth measure is a whole note D#5. The sixty-first measure is a whole note G4. The sixty-second measure is a whole note A4. The sixty-third measure is a whole note B4. The sixty-fourth measure is a whole note D#5. The sixty-fifth measure is a whole note G4. The sixty-sixth measure is a whole note A4. The sixty-seventh measure is a whole note B4. The sixty-eighth measure is a whole note D#5. The sixty-ninth measure is a whole note G4. The seventieth measure is a whole note A4. The seventy-first measure is a whole note B4. The seventy-second measure is a whole note D#5. The seventy-third measure is a whole note G4. The seventy-fourth measure is a whole note A4. The seventy-fifth measure is a whole note B4. The seventy-sixth measure is a whole note D#5. The seventy-seventh measure is a whole note G4. The seventy-eighth measure is a whole note A4. The seventy-ninth measure is a whole note B4. The eightieth measure is a whole note D#5. The eighty-first measure is a whole note G4. The eighty-second measure is a whole note A4. The eighty-third measure is a whole note B4. The eighty-fourth measure is a whole note D#5. The eighty-fifth measure is a whole note G4. The eighty-sixth measure is a whole note A4. The eighty-seventh measure is a whole note B4. The eighty-eighth measure is a whole note D#5. The eighty-ninth measure is a whole note G4. The ninetieth measure is a whole note A4. The ninety-first measure is a whole note B4. The ninety-second measure is a whole note D#5. The ninety-third measure is a whole note G4. The ninety-fourth measure is a whole note A4. The ninety-fifth measure is a whole note B4. The ninety-sixth measure is a whole note D#5. The ninety-seventh measure is a whole note G4. The ninety-eighth measure is a whole note A4. The ninety-ninth measure is a whole note B4. The hundredth measure is a whole note D#5.

19. Rec 9

18 Play 8

18 Play 8

45

2 2
3 3
C#

cantar

f *mp* *f* *p*

20. Play 9

nas notas longas, improvisar dinâmicas e efeitos, tais como *whistle*, som eólico, *frullato*, etc.

55

simile

pp

50 $\sharp\text{A}$

//

21. Rec 10

22. Play 10

23. Play 9.1

jet whistle

ff

pp

f

frullato

7:4

9:8

60

gliss.

mf

f

//

gliss.

7:4

5:4

7:4

molto vibrato

ff

3:2

3:2

gliss.

65

5:4

7:4

mf

24. Rec 11

9

Musical score for 24. Rec 11. The score is written on a single staff in 9/4 time. It begins with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The melody consists of several measures, including a triplet of eighth notes (3:2) and a group of eighth notes (9:8). The score includes dynamic markings: *f* (forte) and *mf* (mezzo-forte). The piece concludes with a glissando (gliss.) and a final measure in 4/4 time.

//

25. Play 11

Musical score for 25. Play 11. The score is written on a single staff in 4/4 time. It begins with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The melody consists of several measures, including a triplet of eighth notes (3:2) and a group of eighth notes (5:4). The score includes dynamic markings: *mf* (mezzo-forte) and *p* (piano). The piece concludes with a glissando (gliss.) and a final measure in 4/4 time.

//

Musical score for 25. Play 11. The score is written on a single staff in 4/4 time. It begins with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The melody consists of several measures, including a triplet of eighth notes (3:2) and a group of eighth notes (5:4). The score includes dynamic markings: *mp* (mezzo-piano) and *p* (piano). The piece concludes with a glissando (gliss.) and a final measure in 4/4 time.

//

26. Rec 12

Musical score for 26. Rec 12. The score is written on a single staff in 5/4 time. It begins with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The melody consists of several measures, including a triplet of eighth notes (3:2) and a group of eighth notes (9:8). The score includes dynamic markings: *mp* (mezzo-piano) and *p* (piano). The piece concludes with a glissando (gliss.) and a final measure in 4/4 time.

//

27. Play 12

Musical score for 27. Play 12. The score is written on a single staff in 4/4 time. It begins with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The melody consists of several measures, including a triplet of eighth notes (3:2) and a group of eighth notes (9:8). The score includes dynamic markings: *mp* (mezzo-piano) and *p* (piano). The piece concludes with a glissando (gliss.) and a final measure in 4/4 time.

***Oceanos* para saxofone alto e eletrônica em tempo real (2014)**

DANILO ROSSETTI

OCEANOS


PARA SAXOFONE ALTO E ELETRÔNICA EM TEMPO REAL

2014

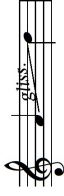
DURAÇÃO

CA. 10'30"


INSTRUÇÕES




trílo o mais rápido possível



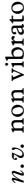
glissando na medida do possível, com evolução gradual e linear




frullato




v. vibrato




n. v. non vibrato



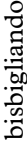
vibrato aumentando a frequência




molto vibrato




tremolando



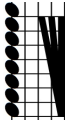
bisbigliando



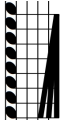
tocar nota superior e cantar a inferior




multifônicos




accelerando



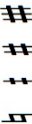
ritardando



som de chave



slap tongue



♭ ♮ ♯

acidentes em quartos de tom, respectivamente: 3/4 de tom abaixo, 1/2 tom abaixo, 1/4 de tom abaixo, bequadro, 1/4 de tom acima, 1/2 tom acima, 3/4 de tom acima.

Os acidentes afetam apenas as notas assinaladas e as notas sequeciais que estiverem na mesma altura.

Indicação do momento em que o preset da eletrônica deve ser mudado, ou pelo instrumentista através de um pedal midi ou pelo controlador da eletrônica, através da barra de espaço ou das setas do teclado.

2
↓
Dephaser 1
Interp. 1666

A eletrônica em tempo real é gerada através do programa *MaxMsp*. A técnica principal é o processamento granular do som captado do saxofone. Para ter acesso ao *patch*, entrar em contato com o compositor.

daniilo_rossetti@hotmail.com

OCEANOS

3

PARA SAX ALTO E ELETRÔNICA EM TEMPO REAL

PARA JOSÉ DE CARVALHO $\text{♩} = 72$

DANILO ROSSETTI

Alto Saxophone

1 Dac On

2 Dephaser 1
Interp. 1666

v. aumentando
a freq. \rightarrow

n.v.

5:4

pp $\leq f$ \rightarrow pp $\leq mf > pp$ \rightarrow p $\leq mf$ \rightarrow 5:4 \rightarrow f

3 Dephaser 2
Interp. 1666

3:2

mf \rightarrow mp \rightarrow mf \rightarrow 5:4 \rightarrow 3:2 \rightarrow mp \rightarrow f \rightarrow pp

4 Dephaser 3
Interp. 833

molto vibrato

7:4

mp $\leq f$ \rightarrow mp $\leq f$ \rightarrow mp $\leq f$ \rightarrow 5:4 \rightarrow 6:4 \rightarrow 7:4 \rightarrow molto vibrato

5 Dephaser 4
Interp. 2500

v. gliss.

cadenza

3:2

p \rightarrow mf \rightarrow f \rightarrow 5:4 \rightarrow 3:2 \rightarrow 9:8 \rightarrow mp \rightarrow mf

[illegible]

piu lento. $\text{♩} = 48$

6 DelayRingMod1
Interp. 2500

1 2 3 5 6 7

pp \triangleleft mf \triangleleft p

7 DelayRingMod2
Interp. 2500

1 2 Bb 3 4 5 7

simile

gliss. \sharp gliss. \sharp cantar f mp \triangleleft f \triangleleft p

The musical score for 'Ave Maria' by Schubert is presented in a single system. The vocal line is written on a treble clef staff, and the piano accompaniment is written on a grand staff (treble and bass clefs). The key signature is one sharp (F#), and the time signature is 3/4. The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamic markings. The vocal line is marked 'cantar' and the piano part is marked 'piano'. The score is in G major and 3/4 time.

[illegible][illegible]

16
Granular 4
Interp. 1666

6 poco piu lento $\text{♩} = 72$

16 Granular 4 Interp. 1666

molto vibrato

n.v.

v.

frullato

mp

mf

p

3:2

staccato duplo

simile

9:8

mf

5:4

7:4

6:4

7:4

mf

slap

tongue

tremolando

frullato

ord.

9:8

mf

f

17 Rec 2

gravar trecho 2

frullato

8va

tremolando

slap

tongue

9:8

11:8

13:8

mf

f

ff

[illegible]

20
Granular 7
Interp. 416

tremolando

tr

slap

tongue

frullato

ord.

mf *f* *ff*

10:8

25

tremolando

21
Play 2

Reproduzir trecho 2 - deixar os sons granulares soarem até a extinção
ad libitum
Ca. 30"

tr

ff

***Poussières cosmiques* versão 1 para piano e eletrônica em tempo
real (2014 - 15)**

POUSSIÈRES COSMIQUES

POUR PIANO ET ÉLECTRONIQUE
1^{ÈRE} VERSION




DANILO ROSSETTI

2014 - 15

Durée

Ca. 7'

Instructions

- Les *trillos* doivent être joués le plus rapide possible, toujours avec le demi-ton supérieur
-  Tremolando avec les notes indiquées
-  Decrescendo vers le silence
-  Crescendo dal niente
- Les *fermate* n'ont pas une durée établie. Normalement l'interprète doit attendre la durée de la résonance électronique, jusqu'à l'extinction du son, pour attaquer la prochaine part
- Les accidents, # et b, valent aussi pour les notes suivantes, dans une même mesure
- L'électronique est jouée en *Max MSP*, avec un *patch* développé avec les traitements et la spatialisation de la bibliothèque HOA (*High Order Ambisonics Library*)
- Les traitements électroniques utilisés sont la granulation, la décorrélation microtemporelle, la modulation en anneau et un *delay*. La spatialisation a été conçue pour une octophonie, en mode ambisonie. Versions avec d'autres quantités de haut-parleurs sont aussi possibles.

POUSSIÈRES COSMIQUES V.1

POUR PIANO ET ÉLECTRONIQUE

DANILO ROSSETTI

$\text{♩} = 48$

tr

pp *ff*

pp *2nd*

mf

3:2

3:2

pp^{m. g.} *m. d.*

accel. *8^{va}*

Λ sans pedal

Électronique

1. grain + delay

interpolation

1.1

ppp *f* *p* *mp* *∞*



(8)

7

2. décorrélation + delay

pp *p*

$\text{♩} = 96$ *rall.*

(8)

10

f

2.1

$\text{♩} = 48$

12

pp

2.2



$\text{♩} = 96$ *rall.*

15

m. d. *m. g.*

8^{bb}

f

2.3

f

[illegible]

30 $\text{♩}_{5} = \text{♩} (\text{♩} = 60)$

pedal simile jusqu'à la fin des accords

3.1

3. modulation en anneau + delay



38

3.2

3.3

3.4

45 ♩₅ = ♩ (♩ = 75)

mp p mf f fff

3.5 3.6 7

taper doucement à la table du piano, à la région grave et après vers l'aigu, en faisant des mouvements circulaires avec les mains. Utiliser aussi un crayon pour faire des *glissandi* en toutes les directions

Ca 1'

4. grain + delay 4.1 4.2

mp f

52 ♩ = 60

p f mp ff

5. grain + delay 5.1

f

The musical score for "The Great Wall of China" by John Cage is presented in two systems. The first system consists of a piano part (left) and an electronic part (right). The piano part begins with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). It features a series of wavy lines representing sustained notes, with a bracket labeled (8) indicating a duration of eight measures. The electronic part is written on a grand staff (treble and bass clefs) and includes a series of wavy lines, a bracket labeled (tr) indicating a trill, and a bracket labeled (8) indicating a duration of eight measures. The second system continues the piano part with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). It features a series of wavy lines, a bracket labeled (tr) indicating a trill, and a bracket labeled (8) indicating a duration of eight measures. The electronic part continues with a series of wavy lines, a bracket labeled (tr) indicating a trill, and a bracket labeled (8) indicating a duration of eight measures. The score is marked with various dynamics and performance instructions, including *mp* (mezzo-piano), *p* (piano), *ff* (fortissimo), and *7. grain + delay*. The score is divided into measures by vertical bar lines, and the duration of each measure is indicated by a bracket labeled (8).

***Poussières cosmiques* versão 2 para piano e eletrônica em tempo
real (2015)**

POUSSIÈRES COSMIQUES

POUR PIANO ET ÉLECTRONIQUE
2^{ÈME} VERSION

DANILO ROSSETTI

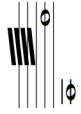
2015

Durée

Ca. 9'

Instructions

- Les *trillos* doivent être joués le plus rapide possible, toujours avec le demi-ton supérieur



Tremolando avec les notes indiquées

-  *Decrescendo* vers le silence

-  *Crescendo dal niente*

- Les *fermate* n'ont pas une durée établie. Normalement l'interprète doit attendre la durée de la résonance électronique, jusqu'à l'extinction du son, pour attaquer la prochaine part

- Les accidents, # et b, valent aussi pour les notes suivantes, dans une même mesure

- L'électronique est jouée en *Max MSP*, avec un *patch* développé avec les traitements et la spatialisation de la bibliothèque HOA (*High Order Ambisonics Library*)

- Les traitements électroniques utilisés sont la granulation, la décorrélation microtemporelle, la modulation en anneau et un *delay*. La spatialisation a été conçue pour une octophonie, en mode ambisonie. Versions avec d'autres quantités de haut-parleurs sont aussi possibles

- ↓ Déclenchement des *presets* définis pour les traitements électroniques

POUSSIÈRES COSMIQUES V. 2

DANILO ROSSETTI

[illegible]

Électronique

$\text{♩}_{15} = \text{♩} (\text{♩} = 60)$

11 (15)

mf

5:4 6:4 5:4 7:4 9:8 11:8 3:2 6:4 7:4 5:4 3:2

mp

2.1

p



$\text{♩}_3 = \text{♩} (\text{♩} = 90)$

14 (15)

f

13:8 3:2 *sfz* 3:2 5:4 6:4 5:4 7:4 9:8 11:8

mf

mp

20

Musical score for "The Rose Tree" featuring a vocal line and a piano accompaniment. The score is divided into two systems. The first system shows the vocal line and piano accompaniment with various time signatures (6:4, 7:4, 6:4, 5:4, 9:8, 11:8). The second system shows the vocal line and piano accompaniment with time signatures (3:2, 5:4, 3:2). The score includes dynamic markings (f, ff, mf) and a tempo marking (2.3).



26

$\text{♩} = 57, 60 \approx 60$

mp

mf

p

29

Musical score for measures 29-32. The score is written in bass clef with a key signature of one sharp (F#). The time signature changes from 6:4 to 7:4, then 6:4, then 5:4, then 11:8, then 9:8, then 5:4, then 3:2, then 7:4, then 5:4, and finally 3:2. The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamic markings (pp, p). A double bar line is present at the end of measure 32, followed by a repeat sign and a final measure in 5:4 time.



33 ♩ = 60

Musical score for measures 33-36. The score is written in bass clef with a key signature of one sharp (F#). The time signature is 4:4. The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamic markings (pp, p, mf, f, ppp, ff, 8^{vb}). A double bar line is present at the end of measure 36, followed by a repeat sign and a final measure in 5:4 time.

43

4/4

ff

5:4

5:4

ff

8^{vb}

ff

Q. ed.

Q. ed.

mp

p

mp

mp

3. modulation en anneau + delay

p

[illegible]

61 $\flat_5 = \flat$ ($\flat = 75$)

61 62 63 64 65

3.5

pp

mp

=

67 $\flat_5 = \flat$ ($\flat = 94$)

67 68 69 70 71

3.6

mp

p

f

fff

taper doucement à la table du piano, à la région grave et après vers l'aigu,
en faisant des mouvements circulaires avec les mains

Ca 1'

musical score with two staves and a timeline below. The timeline includes labels: 4. grain + delay, 4.1, 4.2, mp, f, and a final symbol.



musical score starting at measure 52, tempo 60. It includes piano and bass staves with various musical notations, dynamics (p, f, mf, ff), and a timeline at the bottom with labels: 5. grain + delay, ff sempre, Red., and f.



78

The musical score is divided into two systems. The first system (measures 1-4) features a piano line in the bass clef and a vocal line in the treble clef. The piano line starts with a half note G#2, followed by a half note G#3, and then a half note G#4. The vocal line starts with a half note G#4, followed by a half note G#5, and then a half note G#6. The piano line has a dynamic of *pp* (pianissimo) and the vocal line has a dynamic of *ff* (fortissimo). The second system (measures 5-8) features a piano line in the bass clef and a vocal line in the treble clef. The piano line starts with a half note G#2, followed by a half note G#3, and then a half note G#4. The vocal line starts with a half note G#4, followed by a half note G#5, and then a half note G#6. The piano line has a dynamic of *pp* (pianissimo) and the vocal line has a dynamic of *ff* (fortissimo). The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamics. At the bottom, there are two horizontal lines representing the track's duration, with a box labeled "7.1" and another labeled "7.2".

***Diatoméés* para conjunto instrumental e eletrônica em tempo real
(2015)**

violino, clarone, harpa e percussão (bumbo, caixa, tam-tam, vibrafone e gongos
tailandeses)

DIATOMÉES

POUR VIOLON, CLARINETTE BASSE, HARPE,
PERCUSSION ET ÉLECTRONIQUE

DANILO ROSSETTI

2015






Durée

Ca. 7'

Instrumentation

- Violon
- Clarinette basse
- Harpe
- Percussion (grosse caisse, caisse claire, tam-tam, vibraphone et gongs thaïlandais)
- Electronique

Instructions générales




- Les *trillos* doivent être joués le plus rapide possible, toujours avec le demi-ton supérieur
-  *Decrescendo al niente*
-  *Crescendo dal niente*
-  Les *fermate* n'ont pas une durée établie. Normalement il faut attendre la durées de la résonance électronique ou des instruments jusqu'à l'extinction du son, pour attaquer la prochaine part
-  *Accelerando*
-  *Ritardando*
- Les quarts de ton sont indiqués avec les symboles \sharp $\#$
- Les symboles \uparrow \downarrow indiquent petites variations sur la note écrite, d'environ 1/8 de ton
- Tous les accidents valent aussi pour les notes suivantes, dans une même mesure
- L'électronique est jouée en Max MSP, avec un *patch* développé avec les traitements et les modes de spatialisation de la bibliothèque HOA (*High Order Ambisonics Library*)
- Les traitements électroniques utilisés sont la décorrélation microtemporelle, la granulation, la modulation en anneau et le *delay*. La spatialisation est conçue pour une octophonie, en mode ambisonie. Versions avec d'autres quantités d'haut-parleurs sont aussi possibles

Instructions pour les instruments

Violon

Position: *sul tasto* – *ord.* – *s.p.*

Pression de l'archet

 normale  éccrasé  presque bruit

Gettato col legno (ricochet) : 

Pizz. pizz *bartók*

Clarinette basse


Frullato 


Multiphonique

Non vibrato (n.v.) – vibrato – molto vibrato

Tremolando 

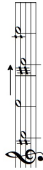
Harpe

Son de cloche, joué avec un plectre 

Cluster dans la tessiture indiquée 


L.V. *Lascia vibrare*

Avant de commencer la pièce, désaccorder 1/4 de ton au dessus seulement ces deux hauteurs :



Percussion

Mouvement circulaire 

Produire une résonance (après un coup) en touchant le bord du tam-tam avec une baguette métallique 

Rimshot

Hauteurs des gongs thaïlandais 

DIATOMÉES

pour violon, clarinette basse, harpe, percussion et électronique

Danilo Rossetti

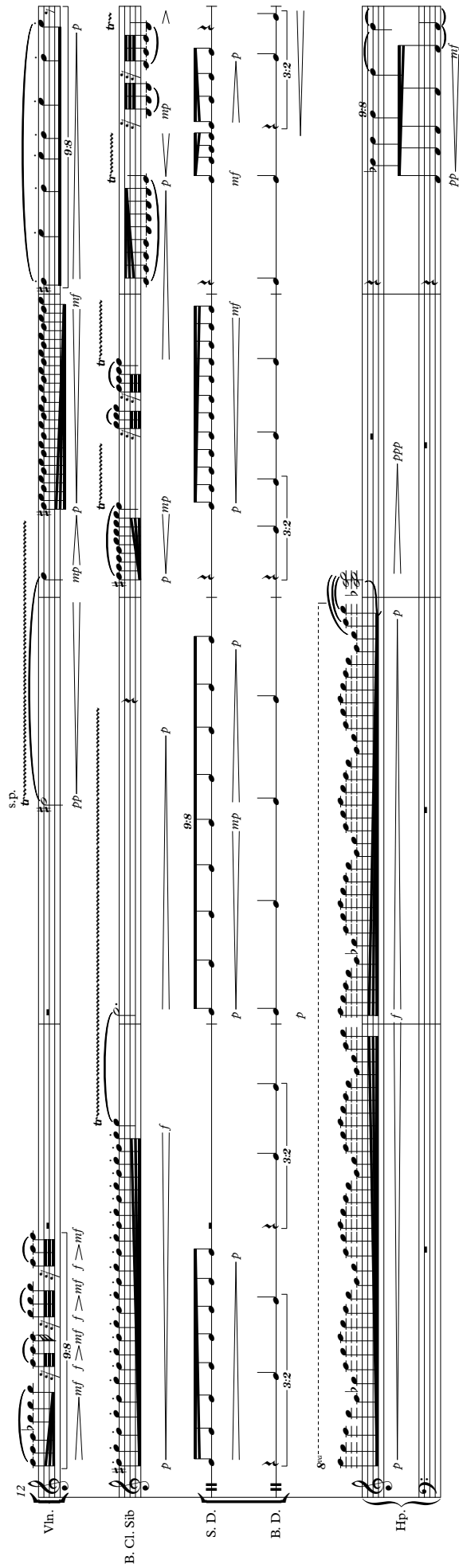
Musical score for "The Firebird" by Igor Stravinsky, featuring Violin (Vln.), Bassoon (B. Cl. Sib.), and Harp (Hp.) parts. The score includes dynamic markings, articulation, and a tempo indication of quarter note = 90.

Violin (Vln.) Part: The Violin part begins with a tempo marking of quarter note = 90. It features a series of eighth notes, followed by a section marked "pizz" (pizzicato). The dynamics range from *mp* (mezzo-piano) to *f* (forte).

Bassoon (B. Cl. Sib.) Part: The Bassoon part includes a section marked "mf" (mezzo-forte) and "f" (forte). It features a series of eighth notes, followed by a section marked "p" (piano).

Harp (Hp.) Part: The Harp part includes a section marked "mf" (mezzo-forte) and "f" (forte). It features a series of eighth notes, followed by a section marked "p" (piano).

The score includes various musical notations such as dynamics (*mp*, *f*, *mf*, *p*), articulation (accents, slurs), and a tempo marking of quarter note = 90.





6

28

ord. → s.p.

Vln. I

ord. → s.p.

Vln. II

ord. → s.p.

Viola

ord. → s.p.

Cello

ord. → s.p.

Double Bass

ord. → s.p.

Trombone

ord. → s.p.

Trumpet

ord. → s.p.

Percussion

ord. → s.p.

Electronic Music

ord. → s.p.

1. discoordination + delay
+ modulation en amorce

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433



[illegible]

The musical score is for 'L'Espresso' by György Ligeti, featuring various instruments and dynamic markings. The score is written in 4/4 time and includes the following parts:

- Vln. (Violin):** Starts with a tremolo (5.4) and a dynamic marking of mf . It includes a section marked 'arco ord.' and 'pizz bartók'.
- B. Cl. Sib (Bass Clarinet in B-flat):** Features a tremolo (5.4) and a dynamic marking of pp . It includes a section marked 'chante la note plus grave'.
- Gong:** Includes a section marked 'f'.
- T.-t. (Tambourine):** Includes a section marked 'ppp'.
- Vib. (Vibraphone):** Includes a section marked 'ppp'.
- Hp. (Harp):** Includes a section marked '8va' and 'L.V.'.
- Élec. (Electric):** Includes a section marked 'mod. amenu' and 'gram + delay'.

The score includes various dynamic markings such as mf , f , pp , ppp , mp , and pp . It also includes performance instructions like 'pizz bartók', 'arco ord.', 'chante la note plus grave', '8va', 'L.V.', 'mod. amenu', and 'gram + delay'.

70 pizz. bartók arco trem. vibrato s.p. gettato col legno trem. vibrato s.p. gettato col legno

Vln. f p $< mf$ $> mf$ pp mp mf mp f dim p f dim p f dim p

B. Cl. Sib. $3:2$ frullato $3:2$ frullato $3:2$ p $< mf$ $> mp$ $< mf$ mp p mf mp f dim p f dim p f dim p

Gong f mp mf mp f dim p f dim p f dim p f dim p

Vib. $3:2$ p $< mf$ $> pp$ mf mf mp f dim p f dim p f dim p

Hp. $3:2$ p $< mf$ $> mp$ $< mf$ mp p mf mp f dim p f dim p f dim p

Elec. mp f dim p f dim p f dim p f dim p f dim p



75 ord. trem. molto vibrato gettato col legno trem. molto vibrato gettato col legno

Vln. f dim p $< mf$ $> mp$ $< mf$ mp p mf mp f dim p f dim p f dim p

B. Cl. Sib. $3:2$ p $< mf$ $> mp$ $< mf$ mp p mf mp f dim p f dim p f dim p

Gong f mp mf mp f dim p f dim p f dim p f dim p

Vib. $3:2$ p $< mf$ $> pp$ mf mf mp f dim p f dim p f dim p

Hp. $3:2$ p $< mf$ $> mp$ $< mf$ mp p mf mp f dim p f dim p f dim p

Elec. mp f dim p f dim p f dim p f dim p f dim p

[illegible]

12

***Le vide: trois réflexions sur le temps* para conjunto instrumental e
quatro vozes solistas (2015)**

flauta, clarinete, tuba, percussão (bumbo, caixa, gongo, tam-tam, vibrafone e
chicote), viola, violoncelo e contrabaixo

LE VIDE

TROIS RÉFLEXIONS SUR LE TEMPS

POUR ENSEMBLE INSTRUMENTAL ET 4 VOIX MIXTES

DANILO ROSSETTI

2015

COMMANDE DE L'ASSOCIATION DENSITÉ 93

Le vide

Trois réflexions sur le temps

I Le silence et le temps

II La mémoire et l'oubli

III l'instant

Avec des textes adaptés de

Gérard Grisey (*Questions sur la musique*)

Francis Bacon (*Essais LVII De la vicissitude des choses*)

Gaston Bachelard (*L'intuition de l'instant* et *La dialectique de la durée*)

Durée

Ca. 7'

Instrumentation

Flute

Clarinette en Sib

Tuba

Violon



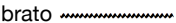
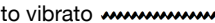



Violoncelle

Contrebasse







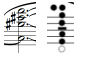













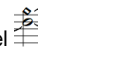
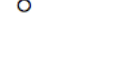

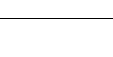







4 voix (soprano, alto, ténor, basse)

Percussion (grosse caisse, caisse claire, gong, tam-tam, vibraphone, fouet)

Instructions générales

- Les trillos doivent être joués le plus vite possible, toujours avec le demi-ton supérieur.
-  *Decrescendo al niente*
-  *Crescendo dal niente*
- Non vibrato (n.v.), vibrato , molto vibrato 
-  Les *fermate* n'ont pas une durée établie. Normalement il faut attendre la durée de la résonance du son joué par les instruments ou la voix jusqu'à sa extinction, pour attaquer la prochaine part.
-  *Accelerando*  *Ritardando*
- Les quarts de ton sont indiqués avec les symboles \sharp $\#$
- Les symboles \uparrow \downarrow indiquent petites variations sur la note écrite, d'environ 1/8 de ton
- Tous les accidents valent aussi pour les notes suivantes, dans une même mesure
- La portée de la clarinette est transposée

Instructions pour les musiciens

<p>Flute</p> <p>Multiphonique </p> <p>Frullato </p> <p>Whistle </p> <p>Slap </p> <p>Bisbigliando </p> <p>Glissando </p>	<p>Clarinette</p> <p>Multiphonique </p> <p>Frullato </p> <p>Son éolien </p> <p>Slap </p> <p>Bisbigliando </p> <p>Tremolando </p> <p>Glissando </p>	<p>Tuba</p> <p>Frullato </p> <p>Slap </p> <p>Souffle seul </p>
<p>Cordes</p> <p>Position de l'archet : <i>sul tasto, ord., s.p.</i></p> <p>Pression de l'archet : normale  écrasé  presque bruit </p> <p>Tremolo </p> <p>Harmonique artificiel </p> <p>Harmonique naturel </p> <p><i>Pizz, pizz bartók</i> </p> <p>Gettato col legno </p>	<p>Voix</p> <p>Soupiré </p> <p>Parlé </p> <p>Frullato </p> <p>Tongue click </p> <p>Avec l'air </p> <p>S </p>	<p>Percussion</p> <p>Position : borde – centre</p> <p>Mouvement circulaire </p> <p>L.V : <i>lascia vibrare</i></p>

I Le silence et le temps

Le silence ... le son que nous ne sommes pas capables de percevoir
La sensation du temps et le silence sont impalpables
L'écoute nous fait palper le temps
La mémoire et l'oubli

Gérard Grisey

II La mémoire et l'oubli

« Il n'est rien de nouveau sur la terre » Salomon
La nature est dans un flux et reflux perpétuel
« Toute connaissance n'est que réminiscence » Platon
« Toute nouveauté n'est que l'oubli » Salomon

Francis Bacon *Essais*

III L'instant

C'est du présent, et uniquement du présent que nous avons conscience (Roupnel)
Il n'y a vraiment que le *néant qui soit continu*,
L'instant a une profondeur, une épaisseur, une densité,
Une superposition des temps

Le fil du temps est couvert de nœuds
Une continuité apparente pour une discontinuité intrinsèque
Nous ralentissons, accélérons, immobilisons
Les phénomènes temporels

Bachelard (*L'intuition de l'instant et La dialectique de la durée*)

LE VIDE

TROIS RÉFLEXIONS SUR LE TEMPS

Danilo Rossetti
2015

I LE SILENCE ET LE TEMPS

$\text{♩} = 43$

Flute

Clarinet in B \flat

Tuba

Tam-tam

Viola

Violoncello

Double Bass

mouvement circulaire
borde \rightarrow centre

ord. \rightarrow sul tasto \rightarrow ord.

s.p.

ord. \rightarrow s.p. \rightarrow ord.

ppp \rightarrow pp \rightarrow p \rightarrow mf

pp \rightarrow p \rightarrow p \rightarrow mf \rightarrow pp

ppp \rightarrow pp

pppp \rightarrow ppp \rightarrow pppp \rightarrow ppp \rightarrow pppp \rightarrow ppp \rightarrow pppp \rightarrow ppp \rightarrow mp \rightarrow p \rightarrow mf

pp \rightarrow p \rightarrow pp \rightarrow p \rightarrow pp \rightarrow p \rightarrow mp \rightarrow

ord. \rightarrow s.p. \rightarrow ord.

pp \rightarrow p \rightarrow pp \rightarrow p \rightarrow mp \rightarrow

ord. \rightarrow s.p. \rightarrow ord.

pp \rightarrow p \rightarrow pp \rightarrow p \rightarrow pp \rightarrow p \rightarrow

8

Fl. *frullato* *pp* *p* *mf* *p* *mp* *molto vibrato* *n.v.* *p* *frullato* *p* *mf* *p* *n.v.* *molto vibrato* *n.v.* *pp* *1 2 3 4 5*

Cl. *frullato* *p* *mf* *p* *n.v.* *molto vibrato* *n.v.* *pp*

Tba. *frullato* *pp* *mf* *pp* *n.v.* *molto vibrato* *p* *mp*

B.D. *pppp* *f* *L.V.*

T.-t. *L.V.* *p* *mp* *> pp* *pp* *pp* *p* *mp* *L.V.*

S. *Le si - lence* *p* *mp* *le si - lence* *p* *mp* *p*

C. *Le si - len - ce* *p* *mp* *le si - len - ce* *p* *mp* *p*

T. *Le si - len - ce* *p* *mp* *le si - len - ce* *p* *mp* *p*

B. *Le si - lence* *p* *mp* *le si - lence* *p* *mp* *p*

Vla. *s.p.* *mp* *mf* *pression normale* *p* *ord.* *pp* *sul tasto* *p*

Vc. *s.p.* *mf* *pression normale* *3:2* *mp* *ord.* *pp* *sul tasto* *p*

Db. *s.p.* *mp* *mf* *pression normale* *3:2* *p* *ord.* *pp* *s.p.* *p* *sul tasto* *mp*

A

$\text{♩}_5 = \text{♩} (= 54)$

Fl. *molto vibrato* *mf* *p* *mp* *mf* *p* *n.v.* *molto vibrato* *n.v.*

Cl. *molto vibrato* *mf* *p* *mp* *mf* *p* *n.v.* *molto vibrato* *n.v.*

Tba. *n.v.* *p* *mf* *mp* *n.v.* *p* *mp* *pp*

B. D. *p* *f* *L.V.*

Gong *p* *ppp* *p* *ppp* *p* *ppp* *p*

S. *mp* *mf*

C. *mp* *mf*

T. *mp*

B. *mp*

A

$\text{♩}_5 = \text{♩} (= 54)$

Vla. *s.p.* *mf* *mp* *ord. n.v.*

Vc. *s.p.* *mf* *mp* *ord. n.v.*

Db. *s.p.* *mf* *mp* *ord. n.v.*

Le son que nous ne som - mes pas ca - pa - bles de per - ce -

Le son que nous ne som - mes pas ca - pa - bles de per -

Le son que nous ne som - mes pas ca - pa - bles

19

Fl. *molto vibrato* *mp* *mf* *p* *pp* whistle

Cl. *molto vibrato* *mp* *mf* *p* *n.v.*

Tba. *n.v.* *molto vibrato* *mp* *mf* *mp*

S. D. *ppp* *5:4* *5:4*

Gong L.V. *ppp*

T.-t. L.V. *pp* *mp*

S. voir *p*

C. ce - voir *p*

T. per - ce - voir *mf* *p*

B. de per - ce - voir *mf* *p*

Vla. *mf* *mp* *mf* *n.v.*

Vc. *mf* *mp* *mf* *pp*

Db. *mf* *mp* *mf*

B

23

Fl. *mp* *pp* *pp*

Cl. *éolien* *pp* *mp* *pp* *pp*

Tba. *n.v.* *pp* *mp* *pp* *pp*

S. D. *pp* *p* *ppp*

S. *soupiré* *5:4* *mp* *5:4* *3:2* *mf* *3:2* *p* *pp* *mp*

L'é-cou-te nous fait pal-per le temps

C. *soupiré* *5:4* *mp* *5:4* *3:2* *mf* *3:2* *p* *pp* *mp*

L'é-cou-te nous fait pal-per le temps

T. *soupiré* *5:4* *mp* *5:4* *3:2* *mf* *3:2* *p* *pp* *mp*

L'é - cou - te nous fait pal - per le temps

B. *soupiré* *5:4* *mp* *5:4* *3:2* *mf* *3:2* *p* *pp* *mp*

L'é-cou - te nous fait pal per le temps

B

Vla. *pp* *mp*

Vc. *pp* *mp*

Db. *pp* *mp*

26

Fl. *mp* *pp* *pp* *ff* *molto vibrato*

Cl. *mp* *pp* *pp* *ff* *molto vibrato*

Tba. *mp* *pp* *pp* *ff*

B. D. *mf* L.V.

Gong *pp* L.V. *mp* L.V.

T.-t. *ff* L.V.

S. *moire et l'ou - bli*

C. *moire et l'ou - bli*

T. *moire et l'ou - bli*

B. *moire et l'ou - bli*

Vla. *pp* *ff*

Vc. *pp* *ff*

Db. *pp* *ff*

II LA MÉMOIRE ET L'OUBLI

11

$\text{♩} = 86$

30

Fl. *slap* *f* *p* *mf* *p* *mf*

Cl. *slap* *f* *p* *mf* *p* *mf*

Tba. *slap* *f* *p* *mf* *p* *mf*

S. D. *p* *mp* *p* *mp*

Whip *f* *mf* *f* *mf* *f*

S. *parlé* *f* *mp*
il n'est rien de nou-veau sur la terre

C. *parlé* *f* *mp*
Il n'est rien de nou-veau sur la terre

T. *parlé* *f* *mp*
il n'est rien de nou-veau sur la terre

B. *parlé* *f* *mp*
il n'est rien de nou-veau sur la terre

$\text{♩} = 86$

Vla. *pizz bartók* *f* *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f* *mf*

Vc. *pizz bartók* *f* *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f* *mf*

Db. *pizz bartók* *f* *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f* *mf*

33

Fl. *mf* *mp* *mf* *mp* *mf* *mp* *f* *p* *mf*

Cl. *mf* *mp* *mf* *mp* *mf* *mp* *f* *p* *mf*

Tba. *mp* *mf* *mp* *mf* *mp* *f* *p*

S. D. *pp* *p* *pp* *p* *pp* *pp* *p* *pp* *p*

Whip *f* *mf* *f*

S. *f* *parlé* *3:2* *il n'est rien de nou-veau sur*

C. *f* *parlé* *3:2* *Il n'est rien de nou-*

T. *f* *3:2* *il n'est rien de nou-veau sur la terre* *mp*

B. *f* *parlé* *3:2* *il n'est*

Vla. *f* *pizz bartók* *3:2*

Vc. *f* *pizz bartók* *3:2*

Db. *f* *pizz bartók* *3:2*

[illegible]

40

Fl.

Cl.

Tba.

B. D.

Gong

S.

C.

T.

B.

Vla.

Vc.

Db.

n.v.

pp

p

pp

n.v.

pp

p

pp

n.v.

pp

p

pp

p

f

p

f

sur la
borde

mf

parlé

flux et re-flux

fp

f

flux et re-flux

fp

f

parlé

flux et re-flux

fp

f

flux et re-flux

fp

f

parlé

flux et re-flux

fp

f

flux et re-flux

fp

f

parlé

flux et re-flux

fp

f

flux et re-flux

fp

f

pizz

mp

mf

f

mp

mf

arco
sul tasto

pp

p

pizz

mp

mf

f

mp

mf

f

arco
sul tasto

pp

p

pizz

mp

mf

f

mp

mf

arco
sul tasto

pp

p

45

Fl. *p* *f* *pp* *p* *pp*

v. *molto vibrato* *attendre l'extinction du son* *whistle*

Cl. *p* *f* *pp* *p* *pp*

v. *molto vibrato* *éolien*

Tba. *p* *f*

v. *molto vibrato*

B. D. *mp* *mf* *p* *f* *pp* *p* *pp* *p* *pp*

L.V. *11:8*

S. *ord.* *per - pe - tuel* *mf* *f*

C. *ord.* *per - pe - tuel* *mf* *f*

T. *ord.* *per - pe - tuel* *mf* *f*

B. *ord.* *per - pe - tuel* *mf* *f*

Vla. *ord.* *v.* *molto vibrato* *pp* *f* *pp* *p* *pp*

ord. *s.p.*

Vc. *ord.* *v.* *molto vibrato* *p* *f*

Db. *ord.* *v.* *molto vibrato* *p* *f*

Tempo/Key Signature: $\text{♩}_8 = \text{♩}_{11} (\text{♩} = 62)$

49

Fl. *bisbigliando*

Cl. *pp mp pp mp pp*

B. D. *p*

S. *Tou - te con - nais - sance n'est que rémi - nis - cense*
p mp p mp

C. *Tou - te con - nais - sance n'est que rémi - nis - cense*
p mp p mp

T. *Tou - te con - nais - sance n'est que rémi - nis - cense*
p mp p mp

B. *Tou - te con - nais - sance n'est que rémi - nis - cense*
p mp p mp

Vla. *pp mp*

whistle

s.p.

54

ord. n.v.

Fl.

pp

p

ppp

ord. n.v.

Cl.

pp

p

ppp

n.v.

Tba.

pp

p

ppp

L.V.

T-t.

ppp

ppp

ppp

Vib.

S.

Tou - te nou - veau - té n'est que l'ou - bli

pp

p

ppp

C.

Tou - te nou - veau - té n'est que l'ou - bli

pp

p

ppp

T.

8

Tou - te nou - veau - té n'est que l'ou - bli

pp

p

ppp

B.

Tou - te nou - veau - té n'est que l'ou - bli

pp

p

ppp

s.p. n.v.

Vla.

pp

p

ppp

s.p. n.v.

Vc.

pp

p

ppp

s.p. n.v.

Db.

pp

p

ppp

L'INSTANT

18

58 $\text{♩} = 75$

Fl. *vib.* *pp* *mf* *p*

Cl. *vib.* *pp* *mf* *p*

Tba. *vib.* *pp* *mf* *p*

Vib. *toujours* *ppp* *mf* *p* *3:2* *5:4* *tr* *7:4* *mp* *f* *mp* *f*

S. *3:2* *frullato* *3:2* *3:2* *frullato*
C'est du pré- sent *mp* *mf* Et uni-que-ment du pré - sent *f* *mp*

C. *3:2* *frullato* *3:2* *3:2* *frullato*
C'est du pré- sent *mp* *mf* Et uni-que-ment du pré - sent *f* *mp*

T. *3:2* *frullato* *3:2* *3:2* *frullato*
C'est du pré- sent *mp* *mf* Et uni-que-ment du pré - sent *f* *mp*

B. *3:2* *frullato* *3:2* *3:2* *frullato*
C'est du pré- sent *mp* *mf* Et uni-que-ment du pré - sent *f* *mp*

Vla. $\text{♩} = 75$ *vib. ord* *pp* *mf* *p* *sul tasto*

Vc. *vib. ord* *pp* *mf* *p* *sul tasto*

Db. *vib. ord* *pp* *mf* *p* *sul tasto*

64

Fl. *mf* *mp* *p* *mf* *mp* n.v.

Cl. *mf* *mp* *p* *mf* *mp* n.v.

Tba. *mf* *mp* *p* *mf* *mp* n.v.

Whip *f*

Vib. *mp* *mf* *f* *mp* 5:4 3:2 3:2

S. *f* *mf* *f* 3:2
que nous a-vons cons-cience
tongue click

C. *f* *mf* *f* 3:2 3:2 3:2 7:4
que nous a-vons cons-cience
tongue click

T. *f* *mf* *f* 3:2 9:8
que nous a-vons cons-cience
tongue click

B. *f* *mf* *f* 3:2 5:4 11:8
que nous a-vons cons cience
tongue click

Vla. *f dim* *f* *mp* *f dim* *f* *mp* *tr* *ord.* *tr*
gettato col legno

Vc. *f dim* *f* *mp* *f* *mp* *f dim* *f dim* *f* *mp* *tr* *ord.* *tr*
gettato col legno

Db. *f dim* *f* *mp* *f* *mp* *f dim* *f* *mp* *tr* *ord.* *tr*
gettato col legno

faire des clicks à travers le contact de la langue avec le palais, avec de différentes ouvertures de la bouche. Chaque voix doit exécuter des rythmes différents, tels que les rythmes notés au-dessous comme des exemples dans cette mesure. Chaque voix peut faire quelconque rythme. L'idée est de créer un nuage discontinu de clicks avec les décalages rythmiques.

[illegible]

72

Fl. whistle

pp

mp

p

ord.

9:8

mf

p

Cl. éolien

pp

mp

ord.

5:4

5:4

mp

mf

> p

Tba.

11:8

mp

mf

Vib.

Red.

mp

10:8

mf

> mp

S.

é - pai - sseur_une den - si - té

mp

frulato

> p

soupiré

Une

p

C.

é - pai - sseur_une den - si - té

mp

frulato

> p

soupiré

Une

p

T.

8

soupiré

Une

p

B.

soupiré

Une

p

Vla.

mp

pp

Vc.

mp

pp

Db.

s.p.

pp

mp

77

Fl. *mf* *p* *ord.* *tr* *9:8* *mf*

Cl. *mp* *p* *mp* *10:8* *mf* *p*

Tba. *mp* *tr* *11:8* *mf*

Vib. *mp* *9:8* *mf*

S. *ord.* *gliss.* *tongue click simile* *mp* *pp f*

C. *ord.* *gliss.* *tongue click simile* *3:2* *3:2* *7:4* *mp* *pp f*

T. *ord.* *gliss.* *tongue click simile* *9:8* *mp* *pp f*

B. *ord.* *gliss.* *tongue click simile* *5:4* *11:8* *mp* *pp f*

Vla. *ord.* *p* *9:8* *mf* *trem. molto vibrato*

Vc. *ord.* *p* *9:8* *mf* *trem. molto vibrato*

Db. *ord.* *p* *9:8* *mf* *trem. molto vibrato*

su - per-po - si - tion des temps

82 **E**

Tba. p

Gong $p \leftarrow mp$ sur la borde centre

Vib. $p \rightarrow mf$ 9:8

S. *parlé*
Le fil du temps est cou - vert de noeuds...
 f

C. *parlé*
Le fil du temps est cou - vert de noeuds...
 f

T. *parlé*
Le fil du temps est cou - vert de noeuds...
 f

B. *parlé*
Le fil du temps est cou - vert de noeuds...
 f

E

Vla. *ord.* $mp \rightarrow pp$ $9:8$ *tr.* mf p

Vc. *ord.* $mp \rightarrow pp$ $9:8$ *tr.* mf p

Db. *ord.* $mp \rightarrow pp$ $9:8$ *tr.* mf p

92

F jet

Fl. *ff* *f* *mf* *p* *gliss.* *tr* *molto vibrato*

Cl. *f* *mf* *p* *gliss.* *tr* *molto vibrato*

Tba. *mp* *mf* *f* *9:8* *gliss.* *frullato*

Vib. *mp* *f* *mf* *f* *mf* *f* *5:4* *7:4* *9:8* *tr*

Vla. *pizz* *5:4* *ord.* *harm.* *mp* *mf* *f* *ord.* *p*

Vc. *pizz* *3:2* *ord.* *harm.* *mp* *mf* *f* *ord.* *p*

Db. *pizz* *9:8* *ord.* *harm.* *mp* *mf* *f* *mf* *f* *mp* *p*

97

Fl. *frullato*
f *mp* *mp* *f* *p* *p*

Cl. *frullato*
f *mp* *mp* *f* *p* *p*

Tba. *frullato*
mp f *mp* *mp* *f* *p* *p*

Vib.
f *Re0* *Re0* *Re0* *Re0* *Re0*

S. *avec l'air*
 Nous ra - len - ti - ssons a - ccé - lé - rons i - mmo - bi - li - sons les phé - no - mè -
f *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f*

C. *avec l'air*
 Nous ra - len - ti - ssons a - ccé - lé - rons i - mmo - bi - li - sons les phé - no - mènes *3:2*
f *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f*

T. *avec l'air*
 Nous ra - len - ti - ssons a - ccé - lé - rons i - mmo - bi - li - sons les phé - no - mènes
f *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f*

B. *avec l'air*
 Nous ra - len - ti - ssons a - ccé - lé - rons i - mmo - bi - li - sons les phé - no - mènes
f *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f* *mf* *f*

Vla. *trem. vibrato*
p *f* *p* *ord.* *trem. vibrato* *s.p.* *mp* *f* *p*

Vc. *trem. vibrato*
p *f* *p* *ord.* *trem. vibrato* *s.p.* *mp* *f* *p*

Db. *trem. vibrato*
p *f* *p* *ord.* *trem. vibrato* *s.p.* *mp* *f* *p*

102 G 27

Fl. *f* *p* *ff* 3:2 *gliss.* *gliss.*

Cl. *f* *p* *ff* *gliss.* *gliss.*

Tba. *f* *p* 3:2 *f* *ff* souffle seul respirer dans l'embouchure

Vib. *mf* *Red.*

S. nes tem - po - rels s *mf* *f* *pp*

C. tem - po - rels s *mf* *f* *pp*

T. tem - po rels - s *mf* *f* *pp*

B. tem - po - rels s *mf* *f*

Vla. trem. vibrato dim. *p* *f* *mp* *pp* *n.v.* ord.

Vc. trem. vibrato dim. *p* *f* *mp* *pp* *n.v.* ord. *ff*

Db. trem. vibrato dim. *p* *f* *mp* *pp* *n.v.* ord. *ff*

113

Fl. frullato

Cl. frullato

Tba. souffle seul respirer dans l'embouchure

B. D. ff $f < ff$ $f < ff$ $< fff$ fff

T.-t. L.V. ff

S. ff *tongue click simile*

C. ff *tongue click simile* 3:2 3:2 7:4

T. ff *tongue click simile* 9:8

B. f *tongue click simile* 5:4 11:8

Vla. ord. s.p. sul tasto f ff f fff

Vc. s.p. sul tasto ord. f ff f fff

Db. ord. sul tasto s.p. f ff f fff

**Desdobramentos do contínuo para violoncelo e eletrônica em
tempo real (2016)**

DESDOBRAMENTOS DO CONTÍNUO

PARA VIOLONCELO E ELETRÔNICA EM TEMPO REAL













DANILO ROSSETTI

2016

Duração

Ca. 9'

Instruções

- Os trilos devem ser tocados o mais rápido possível sempre utilizando o semitom superior
- Todos os acidentes marcados valem também para as notas seguintes do mesmo compasso com a mesma altura
- Non vibrato (n.v.), vibrato , muito vibrato 
- *Accelerando*  *ritardando* 
- Os quartos de tom são indicados com os símbolos \flat \sharp \natural
- Posições do arco: *sul tasto*, *ordinario*, *sul ponticello*
- Pressão do arco: normal , écrasé , ruído 
- Harmônico natural  harmônico artificial 
- *Pizz, pizz* *bartók* 
- Tremolo 
- *Gettato col legno* 
- A eletrônica é processada em Max MSP 7 utilizando objetos para tratamentos e espacialização da biblioteca HOA (*High Order Ambisonics Library*), disponível em <http://www.mshparisnord.fr/hoalibrary/en/>
- A espacialização da obra foi concebida em octofonia, no modo de ambisonia. Versões utilizando outras configurações de alto-falantes (por ex. quadrifonia ou stereo) também são possíveis
- Os tratamentos eletrônicos utilizados são o *phase vocoder*, convolução, granulação e descorrelação microtemporal
- ↓ Disparo dos *presets* definidos para os tratamentos eletrônicos

6 grain size 150ms
rarefaction 0,6, interp. 6,4"

39 (tr) *mf* *f* *p*

sul pont.

gettato col legno ord.

Vc.

51 (tr) *tr*

Vc.

getato col legno *tr*

15 4

4 4

mp mf f p

62 Vc.

62 Vc.

arco ord. → arco sul pont.

pizz. bartók

pizz. bartók 3:2

7/4

6/4

mp

f

mf

ff

6/4

3/2

7/4

6/4

mp

f

mf

ff

67 Vc.

67 Vc.

pizz. arco sul pont. arco ord. ppp

6/4 7/4

pizz. arco sul pont. arco ord. ppp

mf fff

9 Convolution 1
+ granulation Ca. 32"

74 col legno battuto

arco
ord. → sul pont.

molto vibrato aumentando freq.

$\text{♩} = \text{♩} (\text{♩} = 85)$

p *f*

9:8

Vc.

80
Vc.

The musical score for Violoncello (Vc.) is written on a single staff. It begins with a treble clef, a key signature of one sharp (F#), and a 3/4 time signature. The tempo is marked '80'. The score is divided into four measures. The first measure contains a half note G3 and a half note F#3. The second measure contains a half note E3 and a half note D3. The third measure contains a half note C3 and a half note B2. The fourth measure contains a half note A2 and a half note G2. Above the staff, there are performance instructions: 'sul tasto v. dim. freq.' above the first measure, 'gettato col legno' above the second measure, 'ord.' above the third measure, and 'ord.' above the fourth measure. Below the staff, there are dynamic markings: 'mf > p' below the first measure, 'f' below the second measure, 'mf' below the third measure, and 'ff' below the fourth measure. The score ends with a double bar line.

10 Convolution 2
+ granulation Ca. 24"

86 sul tasto *mf*

87 *f*

88 *p*

89 *mf*

90 *f*

91 *mf*

92 *f*

93 *mp*

94 *mf*

95 *f*

96 *mf*

arco ord.

sul pont.

tremolo

6 Vc. 92 gettato col legno *tr* *mp* < *f* *f* *mp* < *f* *mp* *mf* *f* *ff* *mp*

11 Convolution 3 +granulation /decorrelation/dephaser Ca 50s

[illegible]

Vc.

110

sul pont.
molto vibrato
f

ord.

tremolo

f

mip > mp

dim. freq.
molto vibrato
sul pont.
ord. → harm. →
gloss., gloss., glass., glass.
mf f mip p

12 Convolution 4 +granulation/ decorrelation/dephaser Ca. 1'

[illegible]

120 Vc. arco sul tasto pizz bartók 5:4

arco pizz 10:8

arco pizz 13:8

arco pizz 7:4

ff mp f mf sfff

sul pont.

[illegible]

13 Convolution 5 + granulation
/deccorrelation/dephaser Ca. 1'15"

arco
sul pont. → sul tasto

127

Vc.

15:8

13:8

11:8

ord.

5.4

$\text{♩} = \text{♩} (\text{♩} = 48)$

ff *mf* *ff* *mf* *ff* *gliss.* *gliss.*

$mf < f > mf < f >$

[illegible]

136

Vc.

gettato col legno
arco
ord.

9:8

ff

mf

gettato col legno
arco
ord.

10:8

f

ff

sul pont.
sul tasto

mp

p

142

Vc.

Apêndice I

Patches

Aqui, apresentaremos os *patches* produzidos para nossas composições mistas, dentre elas *Magma*, para flautas em Dó e Sol, *Oceanos*, para saxofone alto, *Poussières cosmiques*, para piano, *Diatomées*, para violino, clarone, harpa e percussão, e *Desdobramentos do contínuo*, para violoncelo. Ademais, também apresentaremos os *patches* produzidos para a análise do tratamento eletrônico de descorrelação microtemporal (referente ao item 1.4.4 da tese), para o estudo sobre a fusão de timbres na nossa composição *Le vide: trois réflexions sur le temps* (item 2.6.4), além da análise dos sons diferenciais e batimentos presentes na *Nona das Dez peças para quinteto de sopros* de Ligeti (item 3.2.3). Todos os *patches* mencionados foram realizados em *Max 7*, à exceção do *patch* relativo à obra de Ligeti, realizado em *PureData Extended*.

Os *patches* das obras mistas fazem uso da biblioteca *HOA (High Order Ambisonics Library)*¹⁰⁹, elaborada por pesquisadores do CICM (*Centre de recherche Informatique et Création Musicale*) da Université Paris 8. Através desta biblioteca, podemos combinar tratamentos ou efeitos eletroacústicos tais como *delay*, *reverb*, descorrelação microtemporal, granulação, modulação em anel, *dephaser* e convolução com uma espacialização multicanal em ambissonia (2d ou 3d). A seguir apresentaremos e discutiremos os *patches* construídos ao longo de nossa pesquisa de doutorado.

1. Magma

Na obra *Magma*, o *patch* construído realiza tratamentos sonoros e espacialização multicanal em ambissonia de doze trechos gravados da flauta, além de dois outros sons tratados em estúdio. Esses sons, de maneira individual, são submetidos, inicialmente, a um dos seguintes tipos de tratamento: um filtro passa-baixos (*frequency shifter*), um filtro similar que também realiza o efeito conhecido

¹⁰⁹ A biblioteca *HOA* pode ser baixada em <http://www.mshparisnord.fr/hoalibrary/>.

como *phaser*¹¹⁰ e um granulador. Estes três tipos de tratamento são realizados em *subpatches* (*p freqshifter*, *p freqshifterphaser* e *p GrainSynthesis*). Os primeiros dois filtros foram criados a partir de dois exemplos de Puckette (2006, pp. 258, 261). O granulador foi criado a partir do exemplo de Kreidler (2009, p. 164). Na Fig. 129 apresentamos a arquitetura dos três *subpatches*.

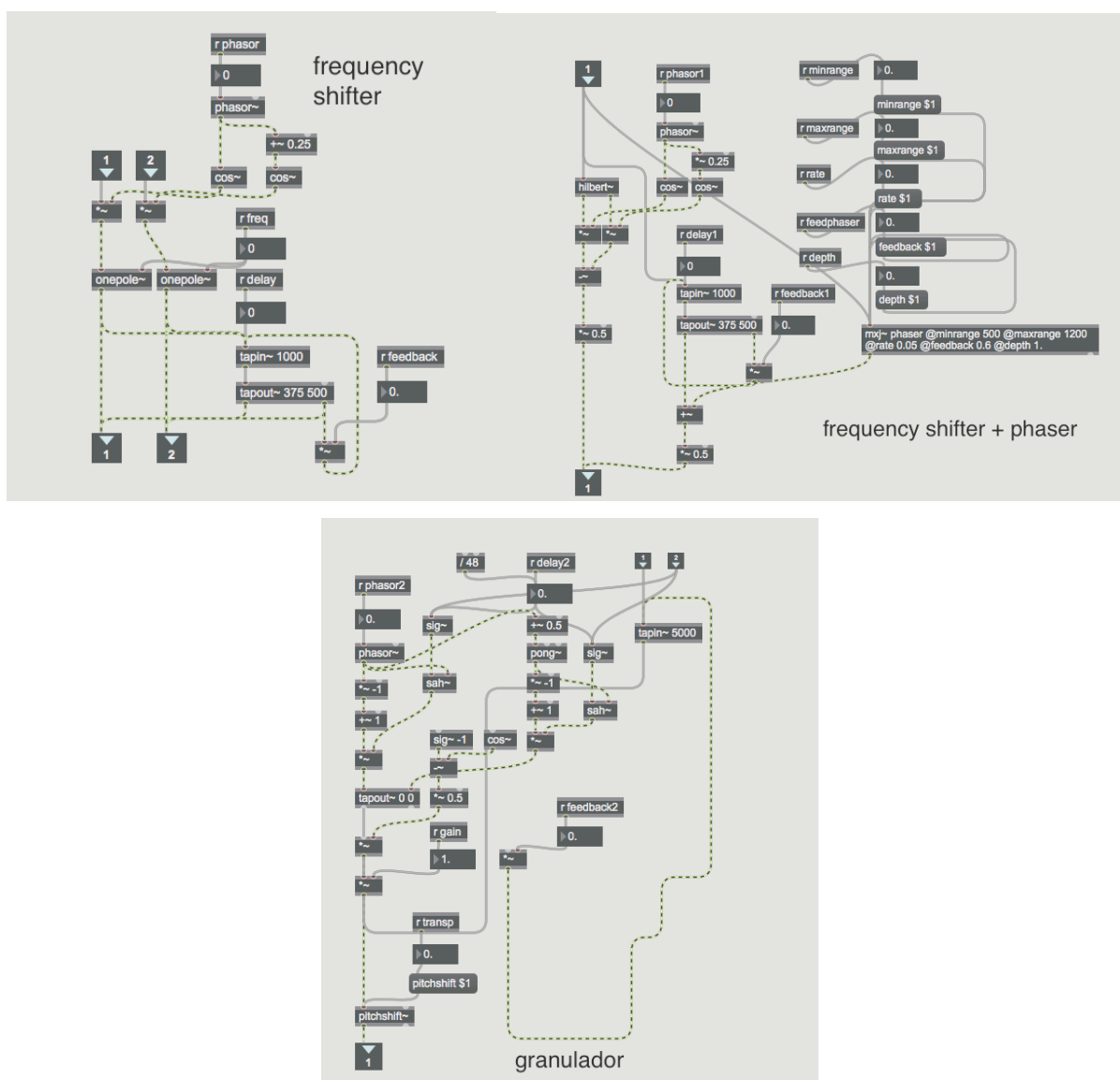


Fig. 129: Três *subpatches* de *Magma*

¹¹⁰ O efeito de *phaser* é produzido a partir da alteração de fase de um sinal através de filtros do tipo *all-pass*, sinal que é posteriormente mixado em conjunto com o sinal original, em proporções que podem ser definidas individualmente. Em sua configuração, os filtros *all-pass*, dispostos em série, permitem a passagem do sinal na mesma intensidade, introduzindo apenas mudanças de fase. Quando os dois sinais são mixados em conjunto, são produzidos cancelamentos de fase que provocam “buracos” (*notches*) em determinadas zonas frequenciais. Ademais, para a produção de um efeito auditivamente mais presente, o sinal de saída pode ser reintroduzido no sistema (*feedback*), provocando um efeito de ressonância nas frequências localizadas entre os espaços “vazios”.

Os sons¹¹¹ 0, 1, 3, 5 e 6, passam pelo *p freqshifter*, os sons 2 e 4 passam pelo *p frequencyshifterphaser*, e os sons 6.1, 7, 8, 9, 10, 9.1, 11 e 12 passam pelo granulador. Após esse primeiro tratamento, os sons são endereçados ao objeto *hoa.2d.process~ 7 hoa.syn.grain~* (biblioteca HOA), que realiza um novo processo de granulação, além de converter o som tratado para uma ambissonia de ordem 7, totalizando 15 harmônicos esféricos (harmônico 0 mais sete harmônicos esféricos positivos e negativos). A seguir, todos estes canais são endereçados em série ao objeto HOA *hoa.2d.process~ 7 hoa.fx.decorrelation~*¹¹², adicionando ao som tratado o efeito da decorrelação microtemporal. O sinal multicanal espacializado em modo de ambissonia e tratado com os efeitos mencionados é então endereçado ao decodificador do processo de ambissonia, convertendo o sinal para a quantidade de saídas multicanais que desejarmos (por exemplo em *stereo*, quadrifonia ou octofonia). Ademais, o som da flauta é captado durante a execução da obra por um microfone, amplificado e tratado por um *reverb* (objeto HOA *c.freeverb~*). A seguir ele é enviado à entrada do harmônico 0 do decodificador da ambissonia, a fim de que seja endereçado para os alto-falantes do sistema de difusão utilizado. Na Fig. 130 podemos observar o *patch* de *Magma* numa representação em diagrama de blocos.

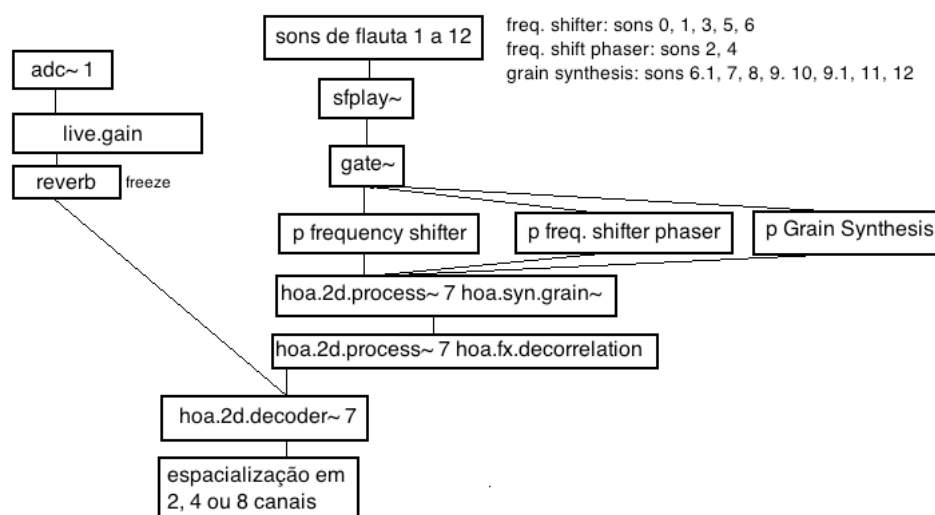


Fig.130: *Patch* de *Magma* em diagrama de blocos

¹¹¹ Os sons de 1 a 12 são oriundos da gravação da flauta em tempo real, durante a performance.

¹¹² Ambos os objetos *hoa.process~*, em suas modalidades *syn* e *fx* da biblioteca HOA, trabalham a espacialização de um som em modo de ambissonia. A diferença é que o objeto na modalidade *syn* opera a partir da entrada de um sinal mono, enquanto o objeto *fx* trabalha o efeito desejado a partir da entrada de um sinal já convertido para os harmônicos esféricos da ambissonia, pelo objeto *hoa.2d.encoder~*. Para maiores informações sobre ambissonia, Cf. MALHAM, Dave. In: BASSO; DI LISCIA; PAMPIN (Org.), 2009, pp. 161 - 202; COLAFRANCESCO, 2015; GUILLOT, 2012 - 2013.

Os valores numéricos das variáveis de cada tratamento utilizado na obra são armazenados e operados no objeto *pattrstorage*, do *Max*. Em *Magma*, utilizamos 16 *presets* que registram os valores numéricos dentro deste objeto, relativos às variáveis dos três *subpatches*, além de variáveis dos objetos *HOA process~*, *hoa.syn.grain~* e *hoa.fx.decorrelation~*. No *subpatch p freqshifter*, controlamos os valores do *phasor~*, frequência de corte do filtro, tempo de *delay* e *feedback*. No *subpatch p freqshifterphaser* controlamos os valores do *phasor*, tempo de *delay*, *feedback*, além dos valores mínimo e máximo de abrangência do espaço frequencial do *phaser* (*minrange* e *maxrange*), *rate* (proporção de mixagem do sinal tratado com o sinal original), *feedback* e *depth* (profundidade do efeito). No *p GrainSynthesis* controlamos os valores do tempo de *delay*, *feedback*, transposição do sinal, *phasor* e frequência de corte do filtro passa baixos. O granulador ainda trabalha com um *phaser* idêntico ao do *subpatch* anterior. No objeto *hoa.process~* *hoa.syn.grain~* controlamos os valores do tamanho do grão, tempo de *delay*, *feedback* e taxa de rarefação, e no objeto *hoa.process~* *hoa.fx.decorrelation~* controlamos o tempo de *delay* (em *samples*) e o fator de difusão. O significado da taxa de rarefação do granulador, assim como do fator de difusão da descorrelação microtemporal e da modulação em anel dos objetos *HOA* foram explicados ao longo do Capítulo IV desta tese. Na Fig. 131 apresentamos a janela de valores das variáveis deste *patch*, gravadas no objeto *pattrstorage* (*storagewindow*).

No *patch*, através do objeto *pattrstorage* e em conjunto com o objeto *autopattr*, ainda controlamos a difusão dos sons de flauta gravados e a ativação do *patch* (*DacON*). Os valores das variáveis, através do objeto *pattrstorage*, são gravados em formato *json* ou *xml*, sendo que o referido arquivo deve ser deixado na mesma pasta em que se encontra o arquivo *.maxpat*, referente ao *patch* da obra. Como exemplo de texto na linguagem *xml*, na Fig. 132 apresentamos um trecho do arquivo *.xml* gerado pelo *Max*, para os valores numéricos das variáveis dos tratamentos operados pelo *patch* de *Magma*, valores referentes ao décimo *preset* (*slot 10*) armazenado.

Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<input checked="" type="checkbox"/> DacOn	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/> Delay(ms)	0	0	1000	0	700	0	647	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Delay1	0	0	0	700	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Delay2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1001.	1200.	1300.	3000.	3000.	3000.	3000.	3000.
<input checked="" type="checkbox"/> DelayGranulator	0	1000.	1000.	2000.	1000.	1000.	500.	2000.	3000.	2000.	2000.	2000.	2000.	3000.	2000.	3000.
<input checked="" type="checkbox"/> Depth	0.	0.	0.	0.5	0.5	0.8	0	0.	0.8	0.7	0.7	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5
<input checked="" type="checkbox"/> Feedback	0.	0.	0.65	0	0.8	0	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Feedback1	0.	0.	0.	0.8	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Feedback2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.8	0.9	0.9	0.95	0.95	0.99	1	1.
<input checked="" type="checkbox"/> FeedbackGranulator	0	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.95	0.99	0.99	0.99
<input checked="" type="checkbox"/> Feedbackphaser	0.	0.	0.	0.5	0	0.5	0	0.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.4	0.4
<input checked="" type="checkbox"/> Freq	0	1500	10000	0	10000	0	5000	20000	0	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Freqfilter	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	500	300	1000	1000	1000	1000	2000
<input checked="" type="checkbox"/> Gain								0.	1.5	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
<input checked="" type="checkbox"/> Gate	0	1	1	2	1	2	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
<input checked="" type="checkbox"/> GrainSize	0	100.	400.	200.	150.	80.	200.	100.	80.	200.	150.	100.	300.	150.	100.	80.
<input checked="" type="checkbox"/> Maxrange	0.	0.	0.	1500.	0	1500.	0	0	1500.	1500.	1500.	1500.	1500.	1500.	1500.	1500.
<input checked="" type="checkbox"/> Mingrange	0.	0.	0.	400.	0	500.	0	0.	500.	800.	800.	800.	800.	800.	800.	800.
<input checked="" type="checkbox"/> Phasor	0	392	1572	0	1108	0	2216	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Phasor1	0	0	0	3136	0	8372	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Phasor2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	5.	5.	10.	1000.	0.5	1.61	10000	3.	0.1
<input checked="" type="checkbox"/> PresetNumber	0	0	1	2	3	4	5	7	6	8	9	10	11	10	12	13
<input checked="" type="checkbox"/> Rarefaction	0.	0.2	0.2	0.4	0.6	0.3	0.5	0.7	0.3	0.3	0.5	0.3	0	0.4	0.3	0.1
<input checked="" type="checkbox"/> Rate	0.	0.	0.	0.2	0	0.05	0	0.	0.05	0.4	0.7	0.7	0.95	0.6	0.6	0.1
<input checked="" type="checkbox"/> T0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/> Transp	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2	3	2	0.5	0.25	1.5	1.	0.5
<input type="checkbox"/> live.gain~	-20.21...	-20.21...	-20.21...	-20.21...	-20.21...	-20.21...	-20.21...	-20.21...	-12.82...	-20.21...	-20.21...	-20.21...	-20.21...	-12.82...	-20.21...	-12.82...
<input type="checkbox"/> live.gain~[1]									-13.39...					-13.39...		-13.39...

Fig. 131: Storage window do objeto *patrrstorage* no patch de *Magma*

```

</slot>
<slot number = "10">
  <patrr name = "DacOn" value = "1" />
  <patrr name = "Delay(ms)" value = "0" />
  <patrr name = "Delay1" value = "0" />
  <patrr name = "Delay2" value = "1200." />
  <patrr name = "DelayGranulator" value = "2000." />
  <patrr name = "Depth" value = "0.7" />
  <patrr name = "Feedback" value = "0" />
  <patrr name = "Feedback1" value = "0" />
  <patrr name = "Feedback2" value = "0.9" />
  <patrr name = "FeedbackGranulator" value = "0.9" />
  <patrr name = "Feedbackphaser" value = "0.5" />
  <patrr name = "Freq" value = "0" />
  <patrr name = "Freqfilter" value = "500" />
  <patrr name = "Gain" value = "1." />
  <patrr name = "Gate" value = "3" />
  <patrr name = "GrainSize" value = "200." />
  <patrr name = "Maxrange" value = "1500." />
  <patrr name = "Mingrange" value = "800." />
  <patrr name = "Phasor" value = "0" />
  <patrr name = "Phasor1" value = "0" />
  <patrr name = "Phasor2" value = "10." />
  <patrr name = "PresetNumber" value = "8" />
  <patrr name = "Rarefaction" value = "0.3" />
  <patrr name = "Rate" value = "0.4" />
  <patrr name = "T0" value = "1" />
  <patrr name = "Transp" value = "3" />
  <patrr name = "live.gain~" value = "-20.214212" />
  <patrr name = "live.gain~[1]" value = "" />

```

Fig. 132: Forma de armazenamento dos *presets* em linguagem xml

2. Oceanos

Em *Oceanos*, obra para saxofone alto e eletrônica, o *patch* do *Max* realiza tratamentos em tempo real a partir do som do saxofone captado ao vivo durante a performance. Na obra não utilizamos nenhum arquivo de áudio pré-gravado, em compensação dois trechos da obra são gravados em tempo real durante a performance e tratados eletronicamente para posterior difusão. A gravação dos

trechos instrumentais é realizada dentro do *patch* e armazenada no objeto *buffer~*, de maneira automatizada. Esta automatização é feita pelo objeto *patrstorage* e corresponde aos *presets* 9 e 17; já o tratamento e difusão dos sons gravados correspondem aos *presets* 14 e 21.

No *patch* de *Oceanos*, temos a entrada do som captado do saxofone por um microfone, sinal este cujo volume é regulado através do objeto *live.gain~*, além de considerarmos o ganho estipulado anteriormente no pré-amplificador da placa de som do computador. Sequencialmente, o sinal captado passa por um *reverb* (objeto *c.freeverb*) e é endereçado ao objeto *pitchshift~* do *Max 7*. O objeto *pitchshift~* - que realiza transposições do sinal original para o agudo ou para o grave a partir da realização de uma transformada rápida de Fourier (*FFT*), que o decompõe em uma série de parciais senoidais, para uma posterior recomposição deste sinal com a transposição desejada (*inverse FFT*) - funciona basicamente a partir de duas entradas, sendo a primeira o áudio a ser transposto, e a segunda, o valor da transposição em *cents* (valores positivos indicam transposições para o agudo e valores negativos indicam transposições para o grave).

No nosso *patch* os valores de transposição do som do saxofone são definidos em tempo real, numa associação com o nível de intensidade de entrada do sinal captado. A associação é feita de maneira escalar, através de um *subpatch* denominado *p niveauinstrument*. Fizemos a adaptação deste *subpatch* a partir do original desenvolvido pelo Prof. Alain Bonardi, da *Université Paris 8*. De maneira resumida, este *subpatch* transforma a amplitude do sinal de entrada para valores em *decibels*, os quais são mapeados numa escala entre 0 e 1. A fim de obtermos um refinamento do resultado sonoro dos efeitos que utilizamos, decidimos por elevar os valores mapeados à potência de 0.5, buscando o nivelamento dos dados. O valor de saída deste *subpatch* é, por sua vez, novamente escalonado através do objeto *scale*, a fim de definirmos os limites graves e agudos da transposição do som. Estes limites também são variáveis. Cada *preset*, que são referentes a diferentes momentos da obra, apresenta limites diferentes de transposição, que podem variar no âmbito de quatro oitavas abaixo (-4800 *cents*) a três oitavas acima (3600 *cents*).

Com a utilização do *subpatch p niveauinstrument* e a implementação de um escalonamento de transposição variável para cada *preset* armazenado no objeto *patrstorage*, temos uma transposição sempre variável, associada ao nível de amplitude de entrada do som do saxofone. Assim, cada intérprete da obra, ou ainda,

cada interpretação diferente de um mesmo saxofonista, leva a resultados eletrônicos diferentes, que são dependentes de inúmeros fatores. Esses fatores podem ser a variação dos equipamentos utilizados na performance (tais como os modelos do microfone e da placa de som) ou ainda a acústica de diferentes salas de concerto, auditórios ou teatros. Temos ainda possibilidades de variações subjetivas de interpretação da obra que refletem em variações de intensidade durante a execução de determinado trecho, ou ainda variações no timbre produzido pelo instrumento. Na Fig. 133 apresentamos os *subpatches* *p pitchshift* e *p niveauinstrument*.

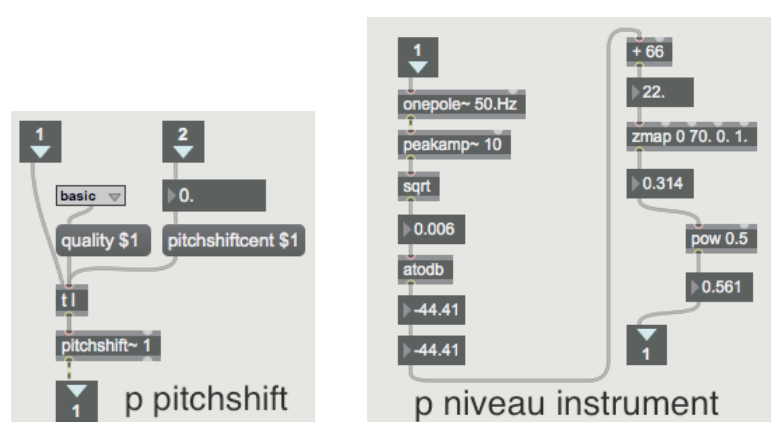


Fig. 133: Subpatches *p pitchshit* e *p niveauinstrument* do patch de Oceanos

O áudio, em constante transposição, é endereçado a três blocos de tratamentos operados a partir de objetos *process~* da biblioteca *HOA*, organizados em *subpatches* que são acionados individualmente através de objetos *gate~*. O primeiro bloco de tratamento (*p delay/ringmod*) conecta em série os tratamentos de *delay* e modulação em anel, operados a partir dos objetos *process~ hoa.syn.delay~* e *hoa.fx.ringmod~*. O segundo bloco de tratamento (*p deco/dephaser*) conecta em série os tratamentos de decorrelação microtemporal e *dephaser*, operados a partir dos objetos *process~ hoa.syn.decorrelation~* e *hoa.fx.dephaser~*. O terceiro *subpatch* (*p grain*) realiza a granulação do som através do *hoa.syn.grain~*. Todos esses objetos *process~* trabalham com uma ambissonia de ordem 7 (15 canais), com o harmônico 0 e mais sete harmônicos esféricos positivos e sete negativos.

A distribuição do som captado e tratado inicialmente através do objeto *pitchshift~* é feita aos blocos de tratamento em função da escrita instrumental do saxofone, resultando em sonoridades com diferentes morfologias. O modo desta distribuição foi explicada no Capítulo IV, a partir dos conceitos de interação e

convergência. Após os tratamentos e a conversão para o modo de ambissonia, os sons, nas saídas dos *subpatches*, são encaminhados para o decodificador da ambissonia (*hoa.2d.decoder~*) que realiza essa função podendo estabelecer saídas multicanais em *stereo*, quadrifonia ou octofonia. Temos, através do processo, uma interação entre tratamentos sonoros nos âmbitos frequencial, temporal e espacial. Na Fig. 134 apresentamos os três *subpatches* com os blocos de tratamento em ambissonia desenvolvidos.

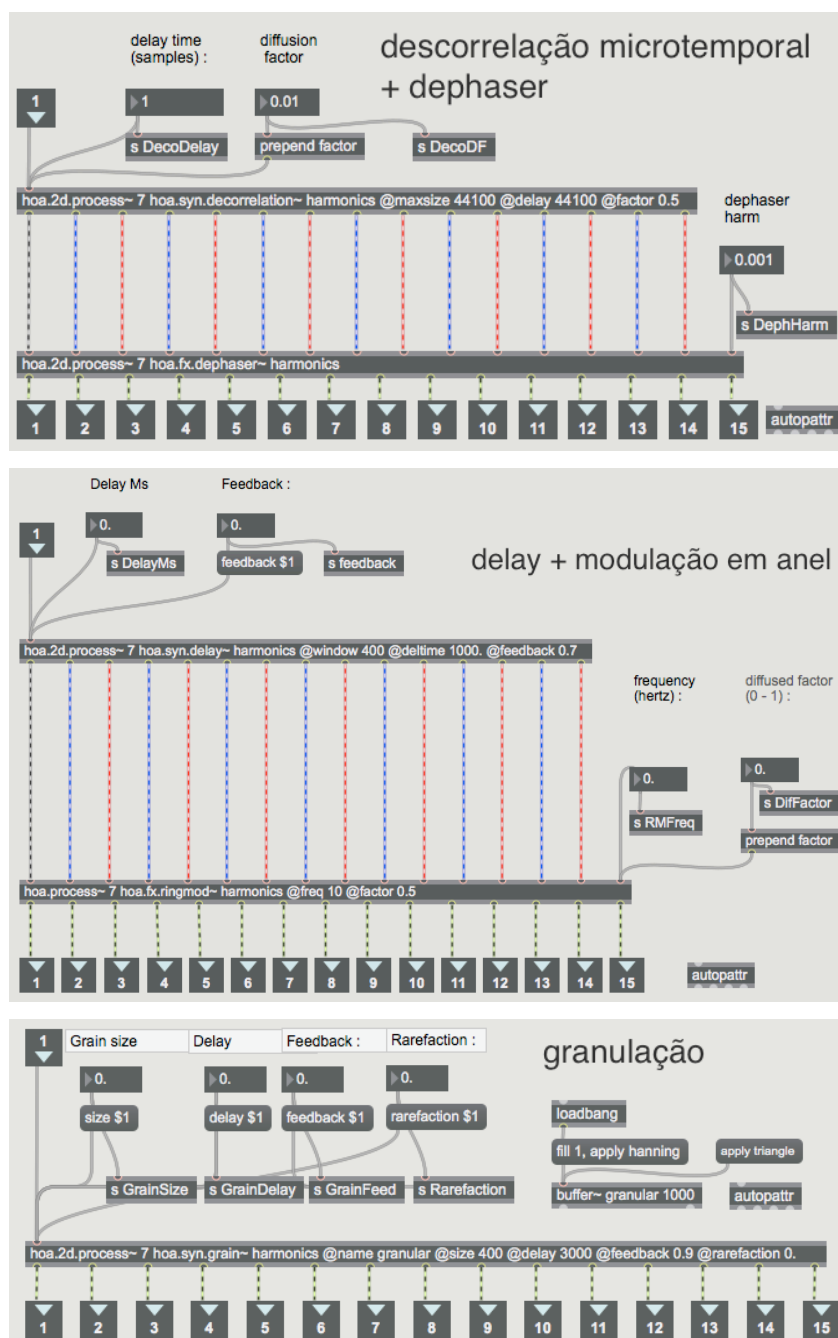


Fig. 134: *Subpatches* com seus blocos de tratamentos do *patch* de Oceanos

No diagrama de blocos completo deste *patch* (Fig. 135) podemos observar a arquitetura interna desenvolvida para que esta gama de tratamentos e transformações morfológicas pudesse ser implementada.

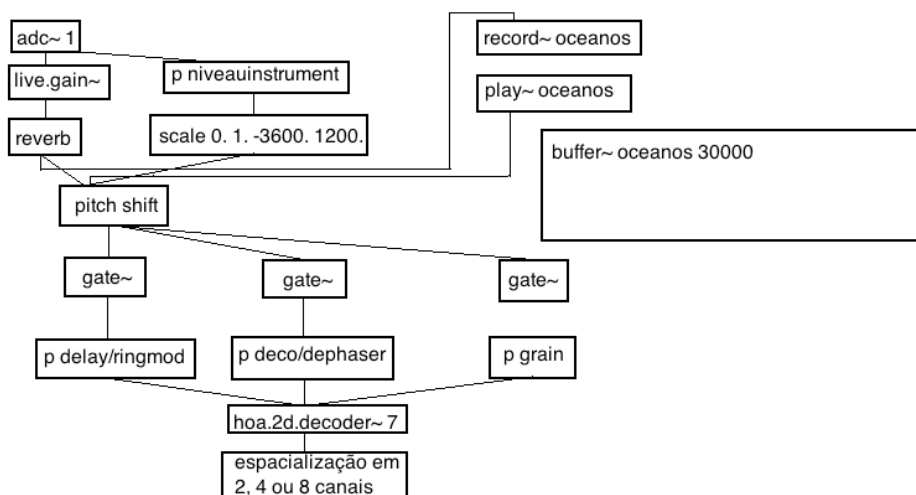


Fig. 135: Diagrama de blocos do *patch* de *Oceanos*

Trazemos também a *storage window* (objeto *patrrstorage*) do *patch* de *Oceanos* (Fig. 136), na qual estão armazenados todos os valores numéricos referentes aos 21 *presets* utilizados ao longo da execução da peça. Esses *presets*, que vão sendo acionados através da barra de espaço ou pelas setas do teclado do computador ao longo da performance, automatizam funções operacionais como ligar ou desligar o *patch*, acionar os objetos *gate~* ou realizar gravações do áudio captado, além de sua posterior difusão. Os *presets* também operam as mudanças dos valores de todas as variáveis referentes aos tratamentos eletrônicos utilizados dentro dos *subpatches*, assim como os valores dos limites inferiores e superiores das transposições, feitas pelo objeto *pitchshift~*.

Outro ponto importante relativo ao armazenamento de dados neste *patch* diz respeito às interpolações entre os *presets*. A mudança dos valores das variáveis numéricas dos tratamentos não é feita de maneira abrupta, mas sim gradual, através da definição de um intervalo de tempo (em milissegundos) em que os valores do *preset* anterior migram para o seguinte. O tempo desta transição (interpolação), em milissegundos, é definido em função da partitura da obra, de acordo com o valor das figuras das pausas e dos andamentos determinados. Os valores numéricos da variável “*temps*”, presentes na *storage window* da Fig. 136, definem os tempos de interpolação entre os *presets* da obra. O início da interpolação é acionado através do

teclado do computador, disparando a transição entre os valores das outras variáveis, até que os valores do novo *preset* sejam atingidos.

Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<input checked="" type="checkbox"/> DacOn	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input type="checkbox"/> Damp	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
<input checked="" type="checkbox"/> ElettronicalInicio	-70.	-0.014...																			
<input type="checkbox"/> Freeze	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Gate1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> Gate2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/> Gate3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/> GrainSignalMulti											0.	3.	3.	3.	5.	4.	4.	4.5	5.	6.	3.
<input checked="" type="checkbox"/> HighScale		1200.	1200.	1200.	1200.	2400.	2400.	0.	0.	1200.	0.	1200.	1200.	1200.	0.	0.	1200.	1200.	1200.	1200.	1200.
<input checked="" type="checkbox"/> LowScale		-2400.	-3600.	-3600.	-3600.	-3600.	-3600.	-3600.	-3600.	-3600.	-3600.	-3600.	-3600.	-3600.	-2400.	-3600.	-3600.	-3600.	-3600.	-4800.	-4800.
<input checked="" type="checkbox"/> Play	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<input checked="" type="checkbox"/> Rec	0	0	0	0	0	0.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> ScaledOutput		-3600.									-3600.	-3600.	-3026...	-2452...	-8821...	-3600.	3600.	-3026...	-3600.	-3026...	
<input type="checkbox"/> florum[18]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	17.	17.	18.	19.	20.	21.
<input type="checkbox"/> hoa_gain~	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...	0-293...
<input type="checkbox"/> live_gain~	-12.11...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-11.74...	-12.11...
<input type="checkbox"/> room	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
<input checked="" type="checkbox"/> temps	15000	1666	2500	2500	2500	1250	1250	1250	1250	625	1250	0	1666	833	0	833	833	416	0	0	0
<input type="checkbox"/> umenu	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<input checked="" type="checkbox"/> delay/ringmod																					
<input checked="" type="checkbox"/> FreqRingMod	0.	0.	0.	0.	0.	13.36	11.56	12.25	12.25	12.61	14.57	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<input checked="" type="checkbox"/> RingModDiffFactor	0.	0.	0.	0.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<input checked="" type="checkbox"/> SinDelayMs	0.	0.	75.	75.	100.	1000.	700.	500.	500.	300.	300.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<input checked="" type="checkbox"/> SynDelayFeedback	0.	0.	0.2	0.2	0.3	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<input checked="" type="checkbox"/> deco/dephaser																					
<input checked="" type="checkbox"/> DecoDelayTime	1	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	9600	7200	4800	2400	1200	1200
<input checked="" type="checkbox"/> DecoDiffFactor	0.01	0.5	1.	1.	1.	0.5	0.5	0.75	0.75	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
<input checked="" type="checkbox"/> DephaserHarm	0.001	0.05	0.1	0.15	0.2	0.	0.2	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5	0.8	1.	0.8
<input checked="" type="checkbox"/> grain																					
<input checked="" type="checkbox"/> GrainDelay	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	3000.	3000.	3000.	1500.	1000.	1000.	1000.	1500.	3000.	3000.
<input checked="" type="checkbox"/> GrainFeedback	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.85	0.85	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.99
<input checked="" type="checkbox"/> GrainRarefaction	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.7	0.5	0.55	0.4	0.5	0.7	0.5	0.7	0.8	0.5
<input checked="" type="checkbox"/> GrainSize	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	120.	250.	50.	100.	50.	150.	80.	50.	30.	150.

Fig. 136: *Storage window* do objeto *patrstorage* do *patch* de *Oceanos*

3. Poussières cosmiques

O *patch* de *Poussières cosmiques*, obra para piano e eletrônica, é o mesmo para as suas versões 1 e 2. O *patch* realiza tratamentos eletrônicos e espacialização multicanal em tempo real partir do som captado do piano, tendo como base objetos da biblioteca *HOA*. Nele, existem três entradas de áudio (*adc~ 1 2 3*), sendo as duas primeiras entradas concebidas para microfones supercardioides, que devem ser colocados dentro do instrumento, além de um terceiro microfone cardiode que deve ser colocado um pouco mais afastado (no espaço deixado pela tampa do piano aberta), preso a um pedestal. Caso não haja a possibilidade de utilizar três microfones, dois são suficientes. Cada uma destas entradas possui um controle de nível (*live.gain~ 1, 2 e 3*), com o intuito de obtermos uma regulagem precisa e individual de cada entrada. Percebemos essa necessidade ao longo dos ensaios da obra, pois notamos que o som do piano possui uma variação muito grande de intensidade, além de uma grande potência em partes em *fortissimo*. Além disso, normalmente os controles de ganho e o nível de entrada dos pré-amplificadores varia muito em relação a tipos diferentes de microfone, tais como os microfones supercardioides e cardioides.

As saídas dos três controladores do nível de entrada dos microfones (*live.gain~* 1, 2 e 3) são endereçados ao harmônico 0 do decodificador da ambissonia (*hoa.2d.decoder~*) a fim de que o som do instrumento captado seja difundido nos alto-falantes, após passar por um novo objeto *live.gain~* que define a quantidade de som direto proveniente dos três microfones que será amplificada e difundida. As três saídas dos objetos *live.gain~* 1, 2 e 3 também são endereçadas a um objeto *gate~*, que distribuirá os sinais para os tratamentos eletrônicos que estão organizados em quatro *subpatches*: *p granular*, *p decorrelation*, *p ringmodulation* e *p delay*. Os valores numéricos introduzidos no objeto *gate~* correspondem às seguintes saídas: 0, silêncio; 1, *p granular*; 2, *p decorrelation*; 3, *p ringmodulation*.

Os quatro *subpatches* são organizados de tal forma que *p granular*, *p decorrelation* e *p ringmodulation* são colocados em paralelo, ou seja, são tratamentos utilizados separadamente durante a performance da obra. O *p delay*, por sua vez, é conectado em série ao *p decorrelation* e *p ringmodulation*. Isto significa que quando estes dois últimos *subpatches* são acionados, o *subpatch p delay* também o é. A razão para essa disposição dos tratamentos é que o objeto *process~ HOA*, que executa a granulação (*hoa.syn.grain~*), já possui embutido o tratamento do *delay* (vide suas variáveis tempo de *delay* e *feedback*). Os tratamentos de descorrelação microtemporal e modulação em anel, por sua vez, não têm a inserção de uma linha de *delay*, resultando na extinção mais rápida do sinal tratado ou modulado. Na Fig. 137 mostramos os quatro *subpatches* mencionados.

Ainda embutimos três controladores de nível de volume entre o objeto *gate~* e os *subpatches p granular*, *p decorrelation* e *p ringmodulation*, devido à grande diferença de intensidade dos sons resultantes desses tratamentos, a partir de um mesmo nível de entrada. Constatamos em ensaios e performances da obra que, por exemplo, o tratamento da granulação necessita de um nível de entrada consideravelmente maior para que ele forneça uma saída com nível semelhante em, relação aos dois outros tratamentos colocados em paralelo (descorrelação microtemporal e modulação em anel). Notamos também que a sensibilidade da descorrelação microtemporal é diferente para sons graves e agudos (ela é mais sensível em relação aos graves), fazendo com que tivéssemos a necessidade de atribuir valores maiores ao controle de intensidade do efeito em passagens extremamente agudas do piano. Notemos também que a ordem de ambissonia utilizada nos objetos *hoa.2d.process~* deste *patch* é de número 3, a qual possui no

total sete harmônicos esféricos, a saber, o harmônico 0 mais três harmônicos positivos e três negativos.

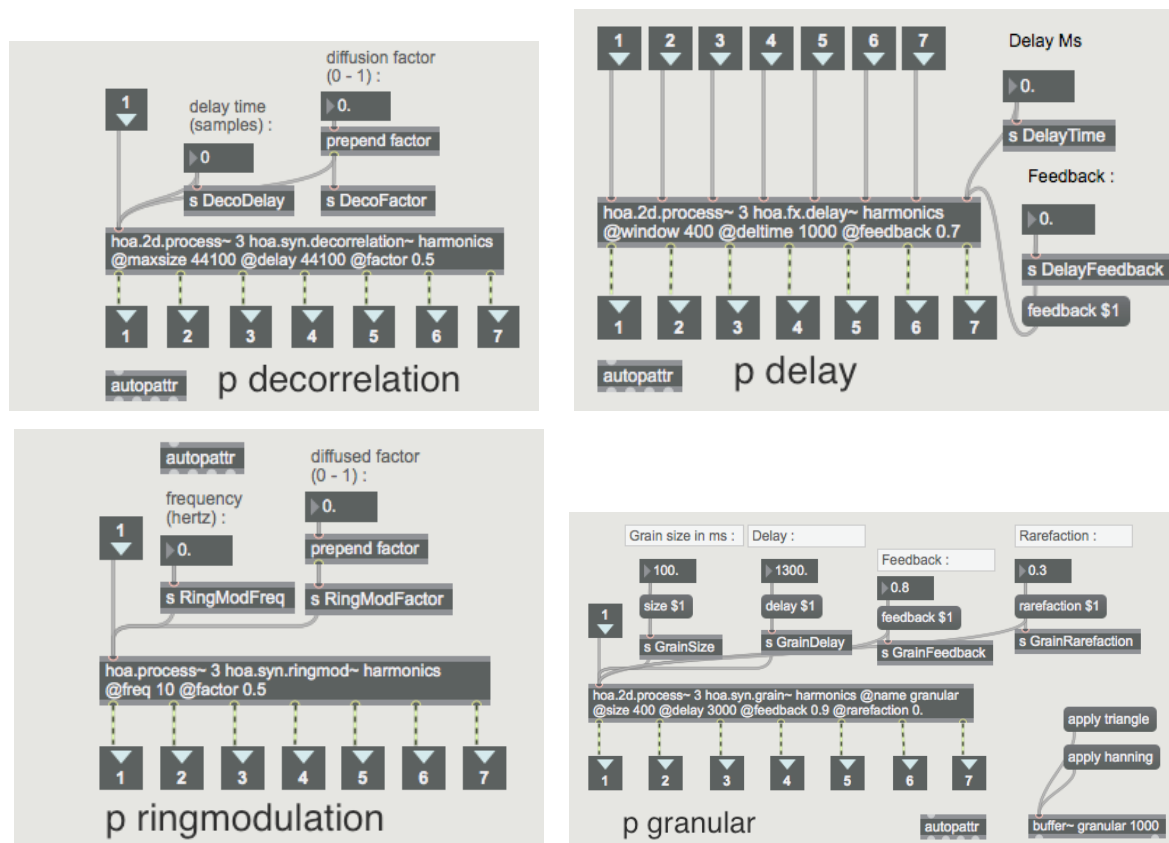


Fig. 137: Quatro subpatches do patch de *Poussières cosmiques*

Os três subpatches colocados em paralelo (*p granular*, *p decorrelation* e *p ringmodulation*) se utilizam, respectivamente, dos seguintes objetos `hoa.2d.process~`: `hoa.syn.grain~`, `hoa.syn.decorrelation~` e `hoa.synringmod~`, os quais realizam, ademais dos tratamentos indicados, a conversão do sinal mono para a ordem três de ambissonia. O quarto subpatch, *p delay*, colocado em série com os subpatches *p decorrelation* e *p ringmodulation*, se utiliza do objeto `hoa.fx.delay~`, que recebe em suas entradas os sinais já convertidos para o modo de ambissonia e libera, em suas saídas, os sinais tratados pelo *delay* também em modo de ambissonia. As saídas dos subpatches *p granular* e *p delay* são endereçadas ao decodificador da ambissonia, `hoa.2d.decoder~`, que faz a conversão do áudio para uma espacialização em *stereo*, *quadrifonia* ou *octofonia*. Na Fig. 138 podemos observar o diagrama de blocos referente ao patch de *Poussières cosmiques*.

No patch, também ressaltamos a presença do subpatch *p ChangePreset* que realiza as alterações sequenciais dos *presets*, relativos aos valores numéricos

armazenados no objeto *patrstorage*. Nos *patches* de nossas outras obras mistas as mudanças são realizadas pelo próprio compositor durante a performance, através do teclado do computador (programadas para serem alteradas pela barra de espaço ou pelas setas). Em *Poussières cosmiques*, a pianista Sophia Vaillant propôs que ela mesma fizesse a mudança através de um pedal MIDI, considerando as indicações notadas na partitura. Na Fig. 139 apresentamos a configuração deste *subpatch* que permite a realização da mudança dos *presets* a partir de duas possibilidades: através do teclado (a partir do objeto *key*) ou através do pressionamento do pedal MIDI (a partir do objeto *ctlin*). A construção relativa à mudança dos *presets* pelo pedal foi adaptada de um *patch* criado pelo Prof. Alain Bonardi, que realiza funções similares.

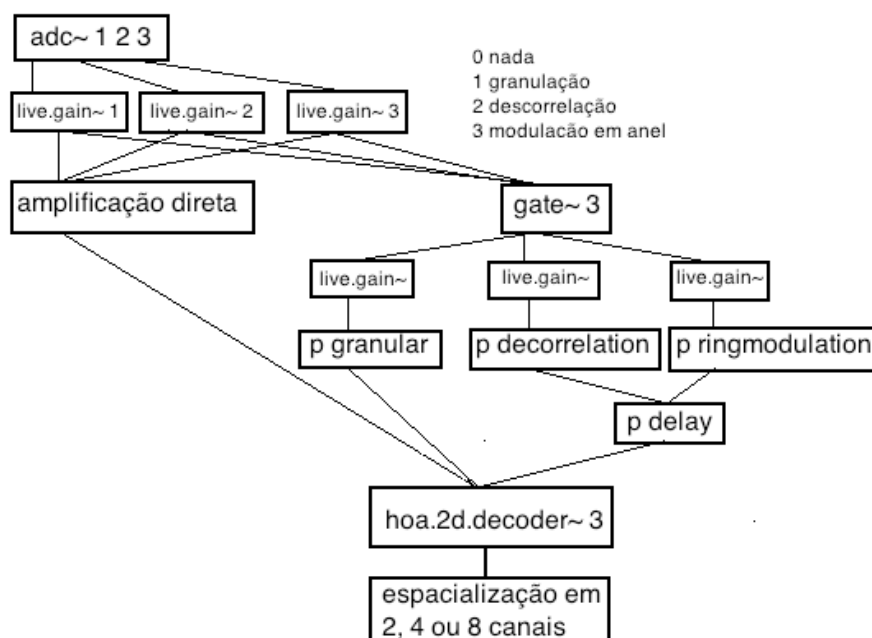


Fig. 138: Diagrama de blocos do patch de *Poussières cosmiques*

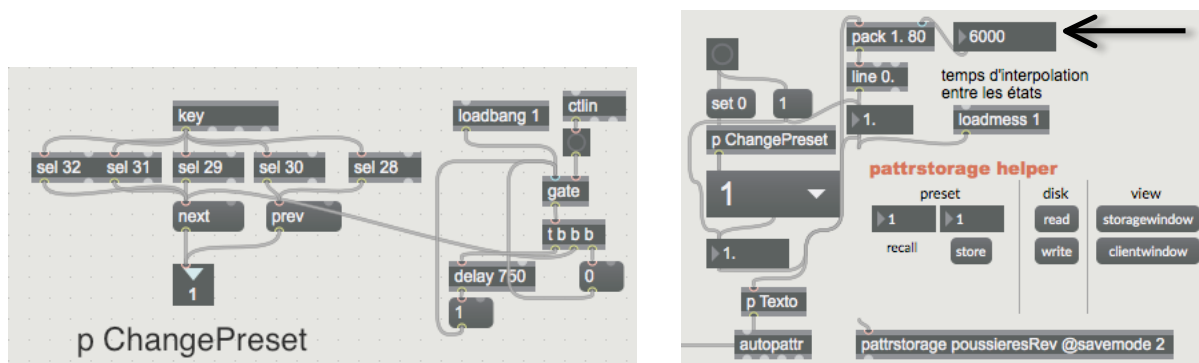


Fig. 139: Subpatch *ChangePreset*, *patrstorage helper* e interpolação de presets

É interessante notar que no *subpatch p ChangePreset* existe um objeto *delay* com o valor de 750ms, o qual não permite a mudança de mais de um *preset* em valores abaixo deste intervalo de tempo (uma espécie de trava de segurança). Com isso, impede-se um salto de dois ou mais *presets* caso a pianista pressione involuntariamente o pedal por mais de uma vez em seguida. A figura à direita mostra a saída numérica fornecida pelo *subpatch p ChangePreset*, assim como a forma de armazenamento e gravação dos dados no objeto *patrrstorage helper*. Mostramos também a maneira de promover a interpolação no tempo entre os *presets*, realizada através de valores introduzidos no objeto *pack* (caixa de números apontada pela seta) que são interpolados temporalmente pelo objeto *line*. Este objeto realiza uma contagem linear entre o valor numérico relativo a um determinado *preset* e o próximo, sendo que o valor numérico desta contagem (que corresponde ao tempo, em milissegundos) é fornecido pelo valor introduzido no *inlet* direito do objeto.

Na Fig. 140 temos a *storage window* do objeto *patrrstorage* do *patch de Poussières cosmiques*.

Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Gate1	1.	1.	0	2.	2.	2.	2.	2.	0.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
SigMult1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SigMult2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SigMult3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
florun[18]	0.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	26.	26.	27.	28.
hosa.gain~	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.	0.0.
live.gain~1	0.	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...	7.18L...
live.gain~2	0.	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...	7.12L...
live.gain~3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
live.gain~AmpDir	0.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.	6.
live.gain~Decorrelat...	-20.	-20.	-70.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.	-20.
live.gain~Delay	0.	0.	-70.	0.	0.	0.	0.	0.	-70.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
live.gain~Granular	0.	0.	-70.	0.	0.	0.	0.	0.	-70.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
live.gain~RingModul...	-6.	-6.	-70.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-70.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.	-6.
number[2]	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000	48000
number[3]	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
tempo	6000	4000	6000	8000	8000	2000	8000	3000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	5000	5000	2000	4000	4000	4000	2000	2000	4000	2000	4000	4000	4000	0
umenu	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	25	25	26	27
umenu[1]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
granular																												
GrainDelay	1300.	1500.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1000.	1500.	3000.	800.	1000.	900.	3000.	800.	3000.	800.	1800.	3000.
GrainFeedback	0.8	0.8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	0.75	0.85	0.8	0.9	0.7	0.85	0.95
GrainRefraction	0.3	0.4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.2	0.15	0.1	0.3	0.2	0.25	0.2	0.1	0.1	0.25	0.15	0.05
GrainDec	100.	400.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	450.	300.	150.	200.	300.	400.	150.	200.	300.	200.	150.	100.
decorrelation																												
DecoDelayTime	0.	0.	0.	44100	44100	44100	44100	44100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44100	44100	0	0	0
DecoDiffusionFac...	0.	0.	0.	0.5	0.7	0.5	0.6	0.3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.5	1.	0.	0.	0.
ringmodulation																												
RingModDiffusion	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.85	0.9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
RingModFreq	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	5.	5.	9.	9.	13.	15.6	19.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
delay																												
SnDelayTime	0.	0.	0.	700.	700.	1200.	500.	1500.	0.	120.	180.	180.	240.	210.	240.	240.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
SynDelayFeedback	0.	0.	0.	0.7	0.7	0.75	0.4	0.75	0.	0.2	0.2	0.2	0.25	0.3	0.35	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

Fig. 140: *Storage window* do objeto *patrrstorage* do *patch de Poussières cosmiques*

Nele, temos um total de 28 *presets* que armazenam dados relativos ao funcionamento do *patch*, assim como dados numéricos responsáveis pelo controle das variáveis dos tratamentos eletroacústicos. A *storage window* enumera todos os objetos, números e *toogles* presentes no *patch* cujos valores são passíveis de serem automatizados. No entanto, apenas aqueles marcados com um X estão sujeitos à automatização dos valores. A automatização dos outros objetos está desligada. Os itens *granular*, *decorrelation*, *ringmodulation* e *delay* correspondem aos *subpatches*

nos quais se encontram os objetos que promovem os tratamentos eletroacústicos. As variáveis numéricas controladas dentro dos *subpatches* (abaixo dos respectivos nomes) se encontram alinhadas um pouco mais à direita. O tempo de interpolação entre os *presets* é informado na variável denominada “tempo”, localizada na décima-sétima linha.

4. Diatomées

O *patch* de *Diatomées* apresenta uma solução (dentre outras possíveis) a respeito de uma questão inicial que nos colocamos. Como realizar um *patch* com tratamentos eletrônicos em tempo real em obra para conjunto instrumental (violino, clarone, harpa e percussão)? Os tratamentos mencionados seriam aplicados ao som captado dos instrumentos. Nesse contexto, não é suficiente captarmos, através de um par *stereo* de microfones, a sonoridade total dos instrumentos e aplicarmos os tratamentos eletroacústicos ao *tutti*. Nossa intenção era de obtermos um resultado mais específico e detalhado da sonoridade eletrônica. Assim, decidimos aplicar os tratamentos eletroacústicos exclusivamente aos sons provenientes do violino e do clarone. Para tanto, utilizamos microfones supercardioides para captar o som direto desses instrumentos, endereçando-os, dentro do *patch*, aos tratamentos desejados. No entanto, logo a seguir, outra questão surgiu. Como manter equilibrada a sonoridade de um conjunto instrumental - que ademais contém instrumentos que não possuem grande projeção sonora, como a harpa - e uma difusão eletroacústica em oito canais (mais potente em intensidade) dentro de um auditório ou um teatro?

A solução encontrada, em conjunto com a Profa. Anne Sèdes da *Université Paris 8*, foi de utilizarmos no *patch* cinco entradas de microfone (*adc~ 1 2 3 4 5*) e mixarmos a intensidade sonora captada de cada instrumento, enviando o resultado da mixagem para o harmônico 0 do decodificador do modo de ambissonia *hoa.2d.decoder~*. Por essa razão, a sonoridade dos cinco instrumentistas pode ser amplificada e difundida em todos os alto-falantes, em conjunto com o som proveniente dos tratamentos eletrônicos. Para tanto, definimos o microfone 1 para o clarone, o microfone 2 para o violino, o microfone 3 para a harpa e os microfones 4 e 5 para os instrumentos de percussão, dentre eles bumbo, caixa, tam-tam, vibrafone e gongos tailandeses (alturas Dó#, Ré#, Lá, Lá# e Si).

Os microfones 1 e 2 foram enviados, primeiramente, a dois objetos *gate~* que determinam em qual momento o bloco de efeitos ligado a cada um destes objetos é ativado. O primeiro bloco de efeitos, conectado ao som captado do clarone, apresenta os seguintes objetos *HOA process~*, conectados em série: *hoa.syn.delay~*, *hoa.fx.decorrelation~* e *hoa.fx.ringmod~*. O segundo objeto *gate~*, que permite a passagem do sinal captado do violino, está conectado a um codificador de ambissonia (*hoa.2d.encoder~*) e, a seguir, ao objeto de granulação *hoa.fx.grain~*. Vale lembrar que nesse *patch* os objetos *HOA process~* trabalham com a ordem 7 de ambissonia, formada pelo harmônico 0 mais sete harmônicos esféricos positivos e sete negativos, totalizando quinze harmônicos.

No *patch* de *Diatomées* (diagrama de blocos, Fig. 141) também utilizamos o *subpatch p niveauinstrument*, desenvolvido por Alain Bonardi, que realiza a conversão da intensidade do sinal de entrada do clarone e do violino para decibels e a seguir os mapeia numa escala entre 0 e 1. Os valores, que se alteram continuamente, são enviados para o controle do fator de difusão do objeto *hoa.fx.decorrelation~*, utilizado como um dos tratamentos para o som do clarone. Os valores de entrada, que foram mapeados entre 0 e 1, são novamente escalonados entre 40 e 500, através do objeto *scale*, sendo que os valores obtidos são enviados ao objeto *hoa.fx.grain~*, a fim de controlar o tamanho do grão do processo de granulação aplicado ao som do violino. Desta feita, a partir de uma informação obtida em tempo real durante a performance (nível de intensidade de entrada captado pelos microfones do clarone e do violino), podemos provocar alterações ininterruptas dos valores destas duas variáveis ligadas aos processos eletroacústicos utilizados.

Os valores, para que sejam utilizados de maneira adequada, devem ser escalonados em proporções coerentes aos dados aceitos como entrada destes parâmetros, além de serem concebidos de maneira à resultarem em sonoridades eletroacústicas esteticamente interessantes. Da maneira como organizamos essas relações, perceptivamente, quanto maior for a intensidade do sinal de entrada, teremos um maior âmbito de difusão do efeito da descorrelação microtemporal no espaço de projeção alcançado pelos alto-falantes, além de um maior tamanho do grão relacionado à granulação. Como já mencionamos, quanto maior for o tamanho do grão, mais podemos ouvir os regimes estacionários de sustentação desses sons, proporcionando uma maior sensação de altura definida. Por outro lado, quanto

menor for a intensidade do sinal de entrada, temos um menor âmbito de difusão da decorrelação microtemporal aplicada ao som do clarone, além de um tamanho do grão menor relativa à granulação aplicada ao som do violino. Assim, geramos grãos mais ruidosos que possuem morfologicamente pequenos pedaços dos regimes transientes de ataque dos sons captados.

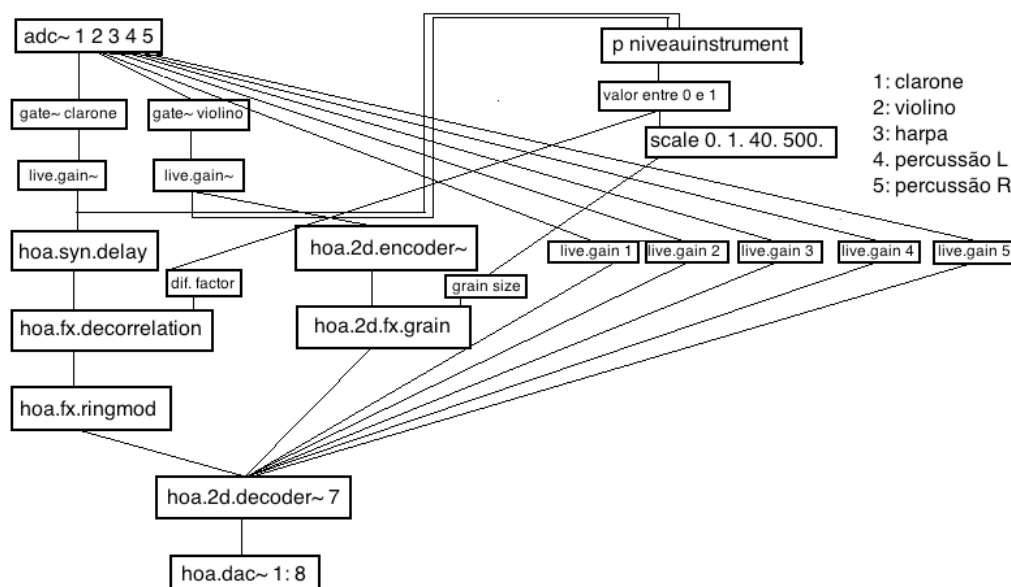


Fig. 141: Diagrama de blocos do patch de *Diatomées*

A armazenagem dos valores numéricos das variáveis que controlam os tratamentos utilizados são feitas da mesma maneira que realizamos nos outros *patches*, através do objeto *patrrstorage*. A interpolação dos valores também é feita da mesma maneira, a qual já foi discutida em momentos anteriores. Na Fig. 142 apresentamos a *storage window* do objeto *patrrstorage* desse patch. Ela apresenta uma quantidade menor de valores controlados, comparativamente aos outros *patches*. Fizemos essa escolha estética por *Diatomées* ser uma peça para um conjunto de vários instrumentos. A partir da presença de uma maior diversidade de instrumentos, pudemos fazer uma exploração tímbrica mais detalhada através da escrita instrumental. Os tratamentos eletrônicos, por sua vez, puderam se servir das múltiplas informações sonoras instrumentais que modulavam continuamente o resultado eletroacústico obtido. Assim, foi necessária uma variação mais intensa dos parâmetros das variáveis dos tratamentos eletroacústicos.

	Name	1	2	3	4	5	6	7	8
<input checked="" type="checkbox"/>	DacON	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
<input checked="" type="checkbox"/>	DecorrelationDelay	0	44100	44100	0	0	44100	44100	44100
<input type="checkbox"/>	DecorrelationDifusion	0.	0.	0	0.	0.	0.	0	0
<input type="checkbox"/>	Gain	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<input type="checkbox"/>	Gain[1]	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
<input checked="" type="checkbox"/>	GateClarinet	0	1	1	0	0	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>	GateViolin	0	0	0	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>	GrainDelay	0.	0.	0.	3000.	3000.	3000.	3000.	3000.
<input checked="" type="checkbox"/>	GrainFeedback	0.	0.	0.	0.5	0.8	0.8	0.6	0.5
<input type="checkbox"/>	GrainMs	0	40.	0	0	0	40.	0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	GrainRarefaction	0.	0.	0.	0.5	0.4	0.5	0.6	0.7
<input checked="" type="checkbox"/>	RMDiffusion	0.	0.5	0.8	0	0.	0.6	0.75	0.85
<input checked="" type="checkbox"/>	RMFreqMod	0.	22.	62.	0	0.	35.	41	22.
<input checked="" type="checkbox"/>	SinDelayMs	0.	60	124	0	0.	70.	164.	44.
<input checked="" type="checkbox"/>	SynDelayFeedback	0.	0.8	0.6	0	0.	0.6	0.8	0.9
<input type="checkbox"/>	flonum[18]	0	0.	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/>	hoa.gain~	0 0.	0 0.	0 0.	0 0.	0 0.	0 0.	0 0.	0 0.
<input checked="" type="checkbox"/>	temps	2666	5350	3809	4761	3809	6153	6153	0
<input type="checkbox"/>	umenu	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 142: Storage window do objeto *patrstorage* do *patch* de *Diatomées*

A interpolação temporal entre os *presets* dos valores numéricos armazenados é realizada a partir dos valores introduzidos na caixa numérica denominada “*temps*” (valores numéricos em milissegundos), tal como nos *patches* de *Oceanos* e *Poussières cosmiques*. O tempo de interpolação entre cada *preset* foi calculado levando em consideração as fórmulas de compasso e os andamentos de cada trecho, respectivamente. A relação entre os andamentos, tempos métricos e tempos cronométricos de cada interpolação é apresentada na Tab. 15.

Interpolação (<i>presets</i>)	Andamento	Pulsações	Tempo cronométrico (ms)
0 - 1	45	2	2666
1 - 2	56	5	5320
2 - 3	63	4	3809
3 - 4	63	4	4761
4 - 5	63	4	3809
5 - 6	78	8	6153
6 - 7	78	8	6153

Tab 15: Andamentos, pulsações e tempo cronométrico das interpolações em *Diatomées*

5. Desdobramentos do contínuo

Em *Desdobramentos do contínuo*, composição para violoncelo e eletrônica em tempo real, temos um *patch* que realiza, além de processos construídos a partir de objetos da biblioteca *HOA*, os processamentos de *phase vocoder* e convolução. Temos, assim, três instâncias de processamentos distintos que podem aparecer isolados ou combinados simultaneamente. Os processamentos

resultam em três camadas de operações moduladoras da morfologia sonora, apresentando valores numéricos que correspondem a escalas temporais distintas. A obra, composta em 2016, é a mais recente que incluímos em nossa pesquisa de doutorado. Ela condensa operações e tratamentos microtemporais estudados ao longo da pesquisa, mas também apresenta o direcionamento que desejamos dar ao nosso trabalho de pesquisa após esta etapa, pois inclui processos sonoros que operam simultaneamente sobre as variáveis tempo e frequência, tais como os processos morfológicos de *phase vocoder* (vocoder de fase) e convolução.

O *patch* que realiza o tratamento do *phase vocoder* utilizado na peça o faz somente em relação à informação temporal do som transformado. Assim, temos um efeito de *time stretching* que alarga a duração de um trecho desse som sem alterar a sua altura, o repetindo continuamente em *loop*. O som transformado, nesse caso, é um ataque de tam-tam retirado de uma gravação da obra *Kontakte*, de Karlheinz Stockhausen. O *patch* que realiza o processo de *time stretching* a partir do *phase vocoder* é retirado de um dos tutoriais incluídos no programa *Max* (*MSP Analysis Tutorial 4: signal processing with pfft~*). Esse *patch* possui um *subpatch* (*pfft~ mypvoc~*) que realiza uma *FFT* e reconverte os dados num novo som com as transformações desejadas, através de sua transformada inversa.

No *phase vocoder* controlamos as variáveis que operam sobre o *time stretching*, tais como a velocidade de reprodução do som de base, denominada *playback rate* (neste caso 10% da velocidade original do som), o tamanho do *loop* de repetição (*loop size*), o ponto de início do *loop*, denominado *loop offset* (em relação ao som original), e o tempo entre os *frames FFT* sucessivos (nesse caso estipulado inicialmente em 256 *samples*). No *subpatch pfft~ mypvoc~* temos a realização da *FFT*, além do processo de transformada inversa (*IFFT*), ambas realizadas pelo objeto *pfft~*. Este objeto ainda resolve automaticamente questões ligadas à sobreposição de *frames* na *FFT* e *IFFT* e administra as funções ligadas às janelas utilizadas (*windowing functions*), além de eliminar os dados espectrais espelhados que são redundantes. A seguir, na Fig. 143, apresentamos o *patch phase vocoder* e o *subpatch pfft~ mypvoc~* incluído como exemplo no *Max*.



O *subpatch* (figura azul e verde) realiza a gravação dos dados espectrais do som em um objeto *buffer~* (em sua parte esquerda) e lê os dados armazenados no *buffer~* em sua parte direita. Na gravação não se registra apenas a amplitude e a fase deste som, que são obtidos através do objeto *cartopol~* (que transforma coordenadas cartesianas em coordenadas polares). Também se computam as diferenças de fase, ou seja, as diferenças de fase entre as localizações de armazenagem (*bin locations*) em *frames FFT* sucessivas, através do objeto *framedelta~*. A saída do *framedelta~* é endereçada ao objeto *phasewrap~* que organiza corretamente os dados entre $-\pi$ e π . Na parte de reprodução do *subpatch*

há uma entrada numérica que especifica o número do *frame* utilizado na ressíntese (512 neste caso). Esse número é multiplicado pelo tamanho espectral do *frame* e incluído na saída do objeto *count~*, o qual realiza a contagem entre 0 e o tamanho espectral do *frame* menos 1, a fim de ser possível acessar cada localização frequencial dos *frames* utilizando o objeto *index~*, que lê ambos os canais do *buffer~* (*index~* 1 e 2). A fase do sinal é reconstruída através do objeto *frameaccum~*, o qual acumula os valores de fase, realizando o inverso do objeto *framedelta~*. Por fim, os sinais são convertidos em valores reais e imaginários para a saída do *subpatch* (*fftout~*) pelo objeto *poltoocar~*, que converte o sinal de coordenadas polares para coordenadas cartesianas, realizando o processo inverso do objeto *poltoocar~* (*MSP Analysis Tutorial 4*).

Voltando ao nosso *patch* da obra, a saída do *subpatch phasevocoder* é endereçada a um objeto *live.gain~*, a fim de controlar individualmente o volume de saída, que é subsequentemente enviada ao nosso *subpatch p granulador*, o qual realiza o processo de granulação a partir do objeto *HOA process~ hoa.syn.grain~*. O processo de *phase vocoder* é utilizado ao longo da primeira parte de *Desdobramentos do contínuo* (obra que no total tem duas partes). Ao longo dos aproximadamente 5' de sua primeira parte, os valores do tamanho do grão e da taxa de rarefação do *hoa.syn.grain~* variam, sendo armazenados e interpolados gradualmente pelo *patrrstorage*. Buscamos fazer uma transição gradual de um som totalmente contínuo para um som que vai adquirindo características descontínuas, até chegarmos a um som com características totalmente granulares. Para tanto, na Tab. 16, apresentamos os valores do tamanho do grão, taxa de rarefação e volume de entrada do granulador utilizados nos seis *presets* armazenados no *patrrstorage*. Os valores mostrados na tabela se iniciam no *preset* 3, pois os *presets* 1 e 2 são utilizados para iniciar o som do *patch* (*DAC On*) e para acionarmos o *phase vocoder*. Observemos que o volume de entrada do *live.gain~* aumenta gradualmente na medida em que o som torna-se mais granular, a fim de que se mantenha o mesmo nível de audibilidade, pois a sensação de *loudness* vai sendo diminuída aos poucos, devido à maior granulação. Os valores do tempo de *delay* e do *feedback* do *hoa.syn.grain~* permanecem constantes em 3" e 0.9.

<i>Preset</i>	Tamanho do grão (ms)	Taxa de rarefação (0 - 1)	Nível de volume (dB)
3	400	0	-20
4	300	0.2	-10
5	200	0.4	-7
6	150	0.6	-4
7	100	0.7	-1.5
8	75	0.8	-1.2

Tab 16: Valores do tamanho do grão, taxa de rarefação e nível de volume da granulação

Na segunda parte da composição trabalhamos com sons pré-elaborados oriundos de processos de convolução realizados a partir de trechos do violoncelo da primeira parte da obra, que foram gravados em estúdio. Para os processos de convolução utilizamos o *patch bufconvolve* da biblioteca de objetos *Max HISS Tools Impulse Response Toolbox: Convolution for the Masses*, desenvolvida por Alexander Harker e Pierre Alexander Tremblay, ambos da *University of Huddersfield*. Basicamente, o objeto *bufconvolve~* realiza a convolução ou a deconvolução de dois sons armazenados em *buffers*, e armazenando o som resultante destes processos num terceiro *buffer* (HARKER; TREMBLAY, 2012). Na Fig. 144 apresentamos a arquitetura do *patch bufconvolve* da biblioteca HISS.

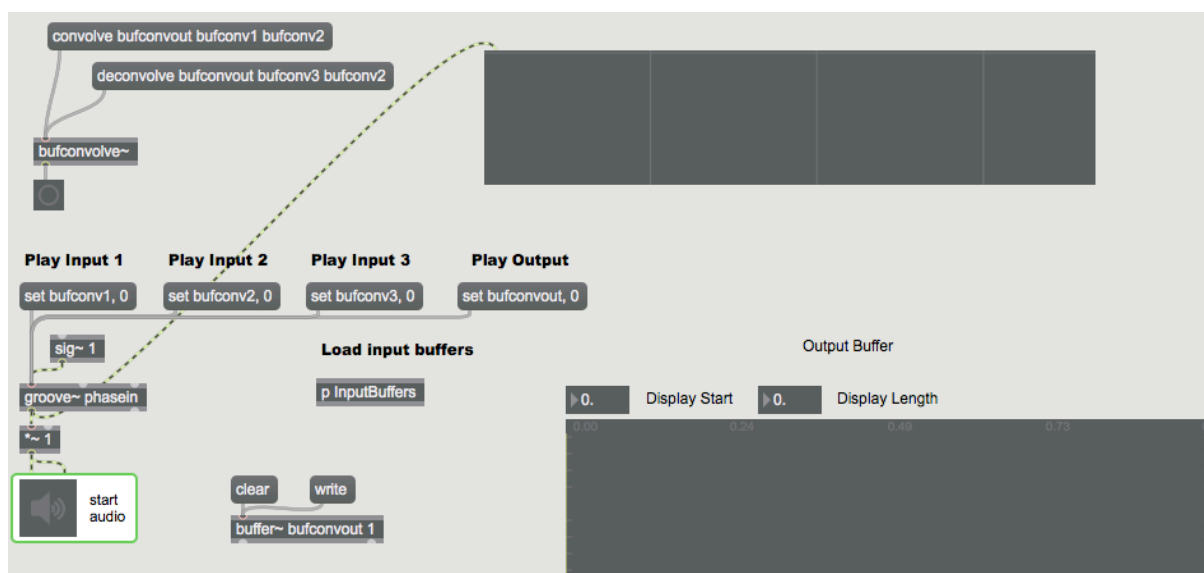


Fig. 144: *Patch bufconvolve* pertencente à biblioteca HISS

A convolução, em *Desdobramentos do contínuo*, é um processo que realizamos em tempo diferido, a fim de termos o controle exato das qualidades estéticas do som gerado a partir da escolha dos sons de entrada. Lembremos que não há parâmetros numéricos que controlam o resultado sonoro da convolução, que se baseia nas características temporais, frequenciais e de intensidade dos sons de

entrada. No total, produzimos cinco sons resultantes dos processos de convolução realizados, sons que são difundidos e reprocessados ao longo da execução da obra.

No *subpatch p sounds*, armazenamos os cinco sons produzidos através dos processos de convolução em diferentes objetos *buffer~*, executando-os separadamente em pontos da obra determinados na partitura. O volume dos sons é programado por um *live.gain~* localizado na saída deste *subpatch*. A saída do *live.gain~* é enviada, por sua vez, ao *subpatch p granulador* (já mencionado) e a um *gate~*, que aciona o *subpatch p deco/dephaser*. Esse *subpatch* realiza os processos de descorrelação microtemporal e *dephaser*, a partir dos objetos *HOA process~* *hoa.syn.decorrelation~* e *hoa.fx.dephaser~*.

A difusão dos cinco sons armazenados nos *buffers* é programada em cinco *presets* do *patrrstorage*, assim como os valores numéricos das variáveis dos tratamentos aplicados a esses sons. A granulação é aplicada a todos os cinco sons, enquanto que a descorrelação microtemporal e o *dephaser* são aplicados aos três últimos. Ao colocarmos em paralelo os *subpatches p granulador* e *p deco/dephaser* podemos acioná-los individualmente ou conjuntamente. Acionando-os conjuntamente, produzimos duas camadas de processos que resultam em diferentes morfologias sonoras, que são sobrepostas. Ambos os *subpatches* enviam o resultado de seus processos, realizados na ordem 7 de ambissonia (produzindo 15 harmônicos esféricos), ao decodificador *hoa.2d.decoder~*, o qual, por sua vez, converte os harmônicos da ambissonia para uma saída em oito canais (essa conversão também pode ser feita para saídas em quadrifonia ou *stereo*).

O som do violoncelo é captado ao longo da performance da obra por um microfone, passado por um *reverb (c.freeverb~)*, um *live.gain~*, um *gate~*, e é enviado ao *subpatch p granulador*. Após o *live.gain~*, o sinal também é enviado ao harmônico 0 do *hoa.2d.decoder~*, para a amplificação direta do violoncelo nas caixas de difusão da obra. O *gate~*, que libera o som do violoncelo para o tratamento da granulação, é acionado a partir da segunda parte da composição, momento em que os sons resultantes dos processos de convolução são acionados. Por se tratar de um mesmo granulador, o som do violoncelo e os sons convolucionados estão sujeitos aos mesmos valores dos *presets*, no entanto geram resultados sonoros distintos devido à diferença morfológica de ambos os sons de entrada. Na Fig. 145 apresentamos o diagrama de blocos do *patch* de *Desdobramentos do contínuo*.

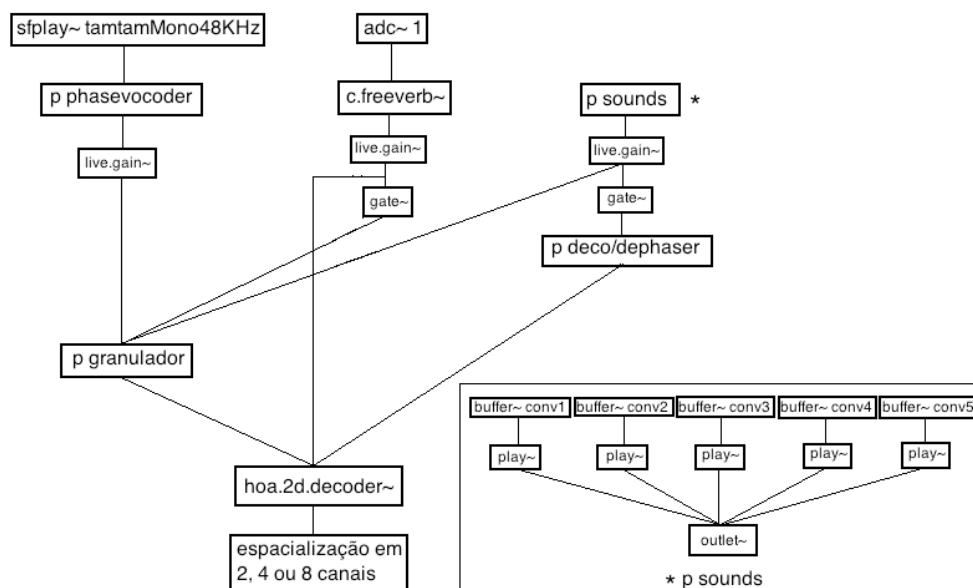


Fig. 145: Diagrama de blocos do patch de *Desdobramentos do contínuo*

Um comentário deve ser feito a respeito dos valores utilizados como parâmetros da granulação na segunda parte da obra. O tamanho do grão e o fator de difusão são alterados de maneira randômica pelo objeto *random*. Através de dois objetos *metro*, controlamos a velocidade em que os valores são emitidos, entre dez e uma vez por segundo. Em relação ao tamanho do grão, os valores gerados de maneira randômica estão compreendidos entre 40 e 300ms; e o fator de difusão, por sua vez, se altera entre 0 e 0.7. A velocidade de emissão dos valores é alterada em cada *preset* do *patrrstorage*, tornando-se mais lenta na medida em que a obra se encaminha para o fim. Há também um *subpatch* *p pitchshift*, colocado antes do granulador, que realiza a transposição dos sons a serem granulados. A variação da altura da transposição é também feita de maneira randômica, pois está ligada aos mesmos objetos *metro* e *random* que controlam o tamanho do grão. Dessa forma, a velocidade em que as transposições e o tamanho dos grãos são alterados é a mesma, no entanto, o âmbito da transposição é escalonado de outra maneira. Partindo dos valores do tamanho dos grãos compreendidos entre 40 e 300ms, transpõe-se esta escala para um âmbito entre três oitavas inferiores e três superiores (-3.600 a 3.600 *cents*), através do objeto *scale*. Da mesma forma que com os valores relativos aos objetos *metro*, o âmbito de transposição se altera a cada *preset* do *patrrstorage*. Na Fig. 146 mostramos os *subpatches* *p granulador* e *p pitchshift*.

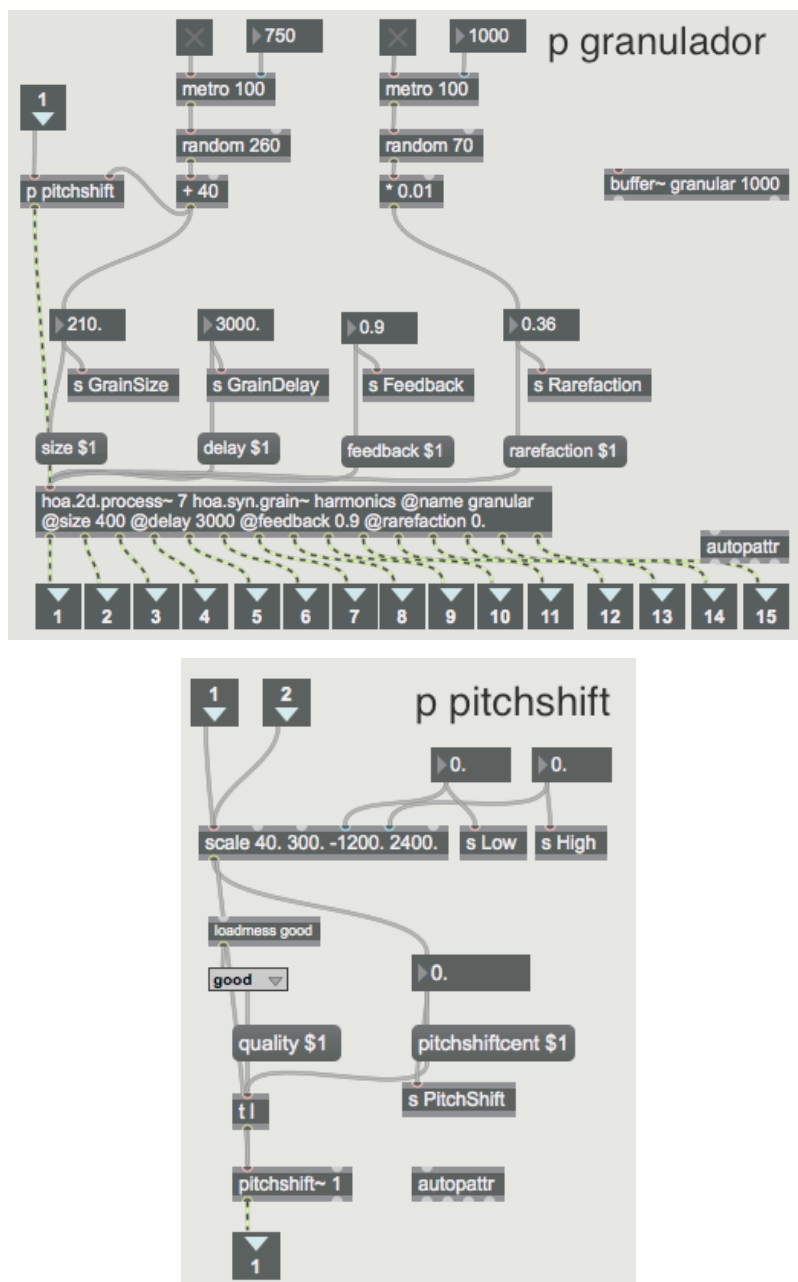


Fig. 146: Subpatches *p granulador* e *p pitchshift* de *Desdobramentos do contínuo*

O acionamento do *supatch p deco/dephaser* ocorre nos três últimos *presets*. Neles, o tempo de *delay* (em *samples*) e fator de difusão da descorrelação microtemporal permanecem constantes (48.000 e 1). O fator de difusão do *dephaser* se altera entre os valores de 0.1, 0.5 e 1. Na Tab. 17 relacionamos os valores da granulação e da transposição dos cinco últimos *presets* do *patch* de *Desdobramentos do contínuo*, considerando as variáveis tempo de *delay*, *feedback*, velocidade de mudança do tamanho do grão e do fator de difusão (por objetos *metro*, em milissegundos) e âmbito da transposição (em *cents*).

<i>Preset</i>	<i>Tempo de delay (ms)</i>	<i>Feedback</i>	<i>Metro Grain Size (ms)</i>	<i>Metro Dif. Factor</i>	<i>Transposição (cents)</i>
9	3.000	0.9	100	100	-3.600, 2.400
10	3.000	0.9	150	300	-3.600, 3.600
11	1.500	0.9	300	600	-1.200, 1.800
12	2.000	0.9	500	800	-1.200, 3.000
13	3.000	0.99	750	1.000	-1.200, 2.400

Tab 17: Valores das variáveis da granulação e transposição em *Desdobramentos do contínuo*

Através da arquitetura interna do *patch* de *Desdobramentos do contínuo*, principalmente em sua segunda parte, procuramos construir diferentes processos que acontecem simultaneamente e produzem até quatro camadas sonoras cujo intuito final é que se fundam num único timbre. Podemos ter, simultaneamente, duas possibilidades morfológicas em relação ao som do violoncelo: sua sonoridade limpa e sua transposição/granulação (*p granulador*), da mesma forma que duas possibilidades para os sons convolucionados: sua granulação/transposição e sua descorrelação microtemporal/defasagem (*p deco/dephaser*). Ademais, buscamos que os valores numéricos relativos aos parâmetros das diferentes variáveis fossem modificados e interpolados, assim como que interagissem de diferentes formas. É o que ocorre, por exemplo, com a velocidade de mudança do tamanho do grão e a velocidade de mudança da transposição, que são as mesmas. No entanto, seus valores numéricos são escalonados de diferentes maneiras a fim de que produzam resultados sonoros auditivamente sensíveis e esteticamente consideráveis.

6. Descorrelação microtemporal

Esse *patch* foi construído a fim de ilustrar o exemplo prático do item 1.4.4 do trabalho. Através do objeto *HOA process~ 3 hoa.syn.decorrelation~*, produzimos o efeito da descorrelação microtemporal em uma ambissonia de ordem 3 (harmônico 0 mais três harmônicos esféricos superiores e três inferiores, totalizando sete harmônicos), a partir de uma fonte sonora mono. Como vimos, as duas variáveis numéricas aplicáveis a este efeito são o tempo de *delay*, em *samples* (amostras), e o fator de difusão, variável entre 0 e 1. Os sete harmônicos esféricos da ambissonia, provenientes da saída do objeto *hoa.syn.decorrelation~*, são dirigidos a dois outros objetos. Um deles é o *hoa.2d.decoder~* que faz a decodificação dos harmônicos esféricos da ambissonia para uma saída em quatro canais (através da informação *@channels 4*), que devem ser enviados para quatro alto-falantes. O outro é o *record~ 7*, que grava as sete pistas fornecidas pelo *hoa.syn.decorrelation~* e as

armazena em um *buffer~*. A arquitetura do *patch*, descrita acima, pode ser visualizada na Fig. 147, logo abaixo.

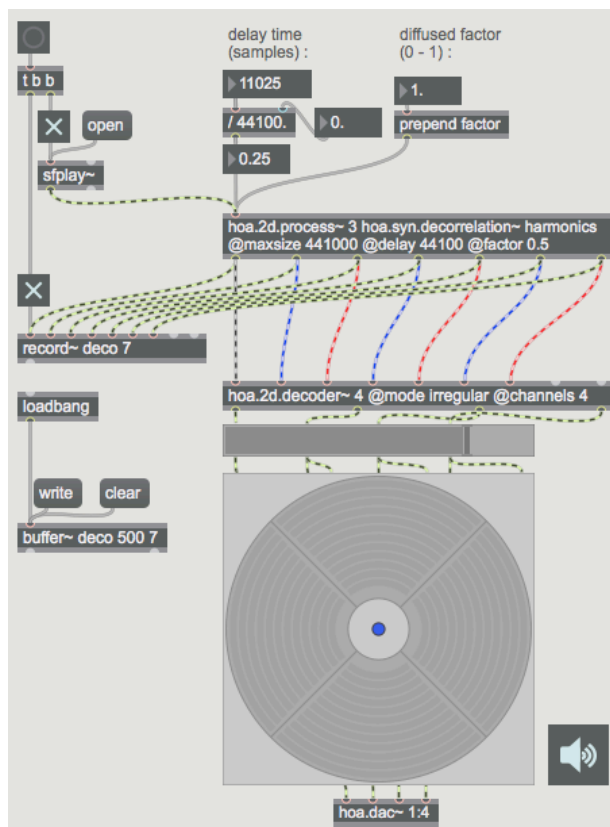


Fig. 147: Arquitetura do *patch* descorrelação microtemporal

O intuito de gravarmos o áudio diretamente da saída do objeto *hoa.syn.decorrelation~*, e não da saída do *hoa.syn.decoder~*, é que desejávamos captar as pistas de áudio ainda codificadas em modo de ambissonia, sem que fossem convertidas e estivessem prontas para serem difundidas pelos alto-falantes. Dessa forma, podemos captar as exatas defasagens espaço-temporais, em termos de fase e milissegundos entre as pistas. O resultado visual da gravação destas sete pistas, em representação temporal das formas de onda e também presente no *patch*, pode ser visualizado na Fig. 148. Estabelecemos, como variáveis deste processo, o tempo de *delay* em 11.025 *samples*, ou seja, 250ms numa amostra de áudio em 44.100KHz, e o fator de difusão, estabelecido em 1 (valor máximo). Assim, tivemos como resultado sete pistas de áudio que são distribuídas espaço-temporalmente tendo como tempo máximo de defasagem 250ms.

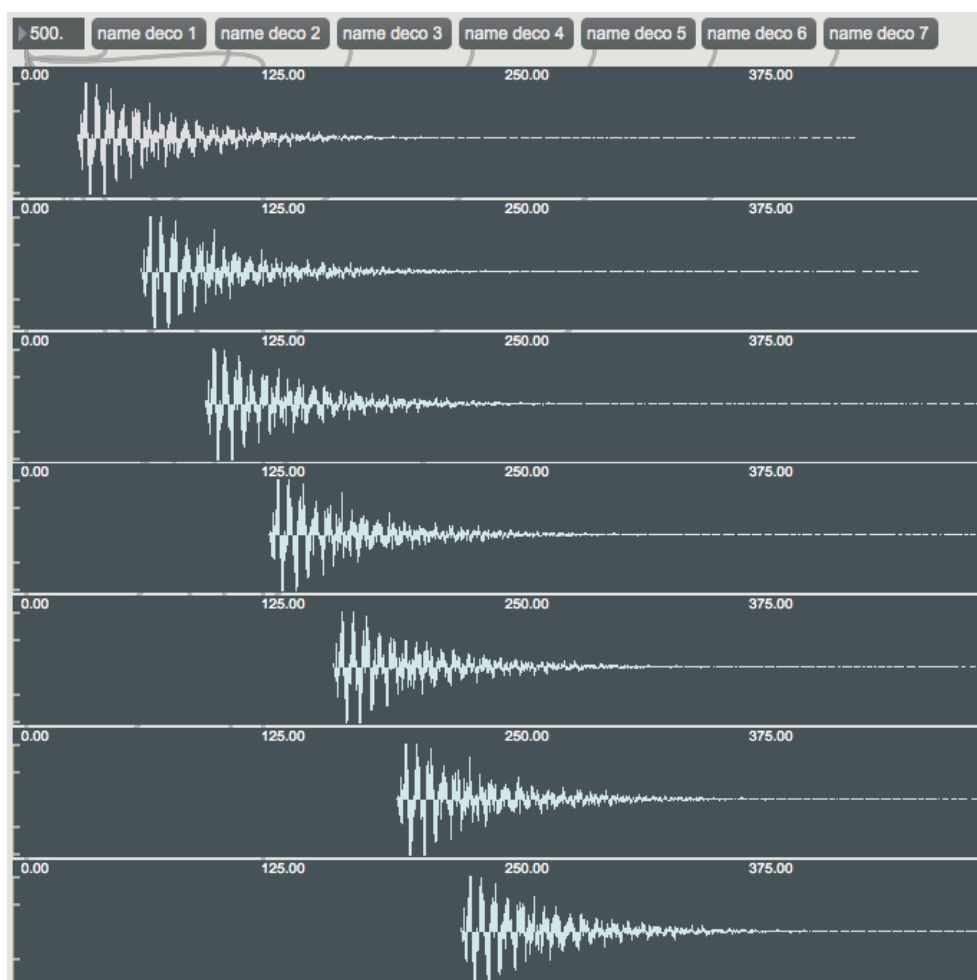


Fig. 148: Formas de onda decorrentes do processo de decorrelação microtemporal

Em relação à figura acima, sempre que enviarmos a mensagem *name* (acompanhada do nome do *buffer* e do número do canal) ao objeto *waveform~*, temos a representação da forma de onda da respectiva pista do arquivo de áudio armazenado no *buffer~*. A caixa de número, no alto à esquerda, define o tempo (em milissegundos) do arquivo de áudio que será representado no *waveform~*. Nesse caso, ele está estabelecido em 500ms. Utilizamos, no exemplo, o mesmo áudio de uma caixa que foi usado no item 1.4.4 desse trabalho. Observa-se, de acordo com a representação gráfica das formas de onda, que os sete ataques da caixa estão compreendidos no intervalo de 250ms e distribuídos de forma equidistante. O tempo de *delay* entre as pistas, bastante rápido, quando espacializado em sua difusão, cria um campo sonoro difuso e imersivo que circunda o ouvinte, no qual as repetições da fonte sonora acontecem no tempo e no espaço.

7. Fusão e fissão de timbres

Por meio desse *patch* realizamos um estudo sobre a fusão ou a fissão de diferentes timbres instrumentais para a composição de *Le vide: trois réflexions sur le temps*. Os resultados sonoros do estudo foram analisados no item 2.6.4 desse trabalho. Aqui, faremos referência à construção do *patch* e ao seu modo de funcionamento. A instrumentação da obra *Le vide*, além dos instrumentos de percussão, é formada por flauta, clarinete, tuba, viola, violoncelo e contrabaixo. Nosso *patch* realiza a reprodução de amostras desses seis últimos instrumentos, amostras retiradas da biblioteca *Sol 09 HQ*, fornecida pelo *IRCAM* como acessório ao seu *software* de análise sonora e orquestração *Orchids*.

Dentro do *patch*, construímos seis módulos de reprodução das amostras sonoras dos instrumentos (Fig. 149), que, em seu modo de apresentação, reúne as seguintes funções: 1) *sfplay~*, para a reprodução dos sons (com a opção de ser colocada em *loop*); 2) *metro*, que controla a velocidade de transposição das amostras, ou seja, a quantidade de alteração das alturas dentro de uma determinada medida de tempo ou a densidade de eventos de um determinado instrumento; 3) o *subpatch* referente ao módulo do instrumento (na Fig. 149 chama-se *p contrabaixo*); 4) *live.gain~*, que determina o volume de saída dos arquivos de áudio.

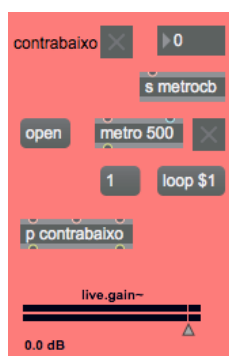


Fig. 149: Módulo de reprodução das amostras instrumentais (contrabaixo)

Ao analisarmos o *subpatch* *p contrabaixo*, encontramos as seguintes funções e objetos, que são descritas a seguir. Temos três *inlets* que fornecem as seguintes informações ao *sfplay~*: *open*, para a escolha do arquivo de reprodução, *loop on* ou *off*, e ativação do áudio através da mensagem *1*. O objeto *metro* controla a velocidade de transposição do arquivo de áudio, sendo que essa informação é

enviada ao *subpatch* pelos objetos *send* e *receive metrocb*. Os valores do *metro* são enviados a um objeto *random* que escolhe randomicamente valores entre 0 e 2.400, sendo o último valor correspondente, em *cents*, ao âmbito de duas oitavas (24 semitons). Os 2.400 valores possíveis são escalonados pelo objeto *scale*, entre -1.200 e 1.200, obtendo valores que vão desde uma oitava abaixo até uma oitava acima do som analisado. Esses valores enviados ao *pitchshift~*, objeto que já analisamos seu modo de funcionamento anteriormente. Temos, assim, uma transposição randômica do arquivo de áudio num âmbito de duas oitavas de forma não temperada, em que o arquivo em questão pode assumir um total de 2.400 alturas diferentes, correspondentes aos 2.400 valores possíveis em *cents*. Obviamente, nosso ouvido não tem capacidade de detectar a totalidade dessas microvariações frequenciais, fazendo normalmente uma aproximação da sensação de altura aos intervalos cromáticos ou ainda a quartos e oitavos de tom. Na Fig. 150 mostramos a configuração de nosso *subpatch* *p contrabaixo*.

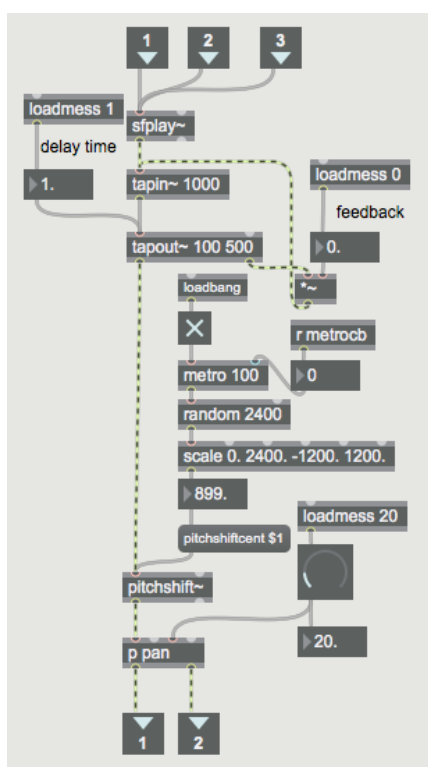


Fig. 150: Subpatch *p contrabaixo*

Após a saída do *sfplay~* há também uma linha de *delay* construída pelos objetos *tapein~* e *tapeout~*, em que o valor do tempo de *delay* é definido em 1ms (*loadmess 1*). Com o valor de 1ms temos um *delay* imperceptível. Temos também

um *feedback* que de início se encontra desligado (valor 0). Caso desejemos acionar o efeito do *delay*, podemos introduzir novos valores, a fim de produzir uma maior densidade de eventos relacionados à execução desse determinado instrumento. Por fim, o arquivo de áudio mono é enviado a outro *subpatch*, o *p pan*, que duplica o sinal e o espacializa de maneira *stereo*. Através de um *knob* (potenciômetro), podemos determinar a posição espacial deste som num plano de 180°, numa escala entre -63 e 63 (totalizando 127 valores MIDI, com valor central igual a 0), ou seja, com que intensidade ele será enviado para cada alto-falante. O *subpatch p pan* já vem programado na versão 7 do *Max* e pode ser adicionado a qualquer *patch*.

O disparo do som dos seis instrumentos carregados no *patch* em seus módulos pode ser feito através da barra de espaço do teclado do computador, que aciona todos eles simultaneamente. Para tanto, conectamos um objeto *key* ao objeto *sel*, acompanhado do número 32 (número do código ASCII¹¹³ associado à barra de espaço), que está conectado a um botão. Desta forma, toda vez que a barra de espaço for pressionada, o número 32 é emitido na saída de *key*. A saída está conectada ao *sel 32* que seleciona essa informação e emite um *bang* em sua saída, que está conectada ao botão de disparo do sons. Esse botão, por sua vez, está conectado aos seis *toogles* que disparam os respectivos objetos *sfplay~*.

No *patch* ainda temos a função de gravação *stereo* das seis camadas instrumentais produzidas (*record~*), arquivo de áudio que é armazenado em um *buffer~*. O processo de gravação pode ser disparado através do teclado pela tecla Tab, que possui o número 9 no código ASCII. Assim, apenas é necessário que o *sel* selecione o número 9 assim que este é capturado e emitido pela saída de *key*. Na Fig. 151 apresentamos as imagens da forma de disparo das amostras através de um botão único acionado pela barra de espaço, além da gravação, em *stereo*, dos seis sons instrumentais das saídas dos *subpatches*, que pode ser acionada pela tecla Tab. O volume de saída de cada *subpatch* pode ser controlado individualmente e mixado em conjunto com as outras saídas através dos objetos *live.gain~* de cada módulo de reprodução.

¹¹³ American Standard Code for Information Exchange.

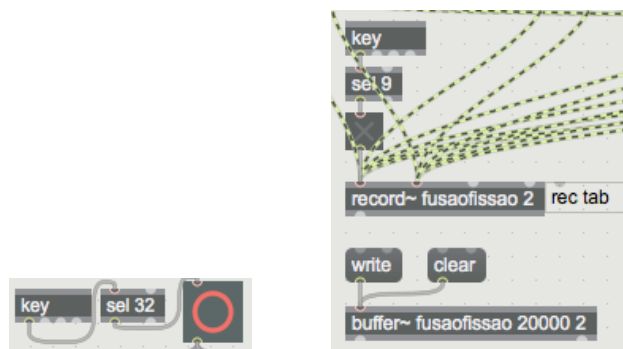


Fig. 151: Disparo das amostras instrumentais e gravação pelo teclado

8. Análise da Nona das Dez peças para quinteto de sopros de Ligeti

Esse foi o único *patch* incluído no trabalho que realizamos no *software PureData*, em sua versão *Extended*. Nele, procuramos simular, através de osciladores senoidais (*osc~*), os sons instrumentais presentes na *Peça nº 9* (*piccolo*, oboé e clarinete em Si_b) das *Dez peças para quinteto de sopros* de Ligeti (1968). Obviamente, nessa análise não desejamos reconstruir ou sintetizar com fidelidade o som dos instrumentos de madeira, mas sim emular, em nosso estudo, a sua sonoridade. O *patch* foi construído e utilizado durante a análise da obra, presente no item 3.2 desta tese.

Elaboramos dois estudos diferentes. No primeiro estudo, a partir de três osciladores senoidais que representavam os três instrumentos da peça, combinamos as três frequências fundamentais entoadas pelos instrumentos ao longo da peça e obtivemos a representação temporal (em tempo real) da forma de onda decorrente da soma dos três osciladores (síntese aditiva). Também obtivemos a representação temporal da forma de onda dos sons diferenciais produzidos através da interação das frequências entre si. Como já foi abordado na análise da *Peça 9*, Ligeti, ao trabalhar com um registro extremamente agudo dos instrumentos (principalmente para o oboé e o clarinete), teve a intenção de produzir sons diferenciais perceptíveis enquanto alturas, decorrentes da subtração das frequências fundamentais entoadas. No segundo estudo, a partir de outro tipo de implementação dentro do mesmo *patch*, pudemos estudar as características psicoacústicas dos batimentos produzidos entre intervalos cromáticos compreendidos num intervalo máximo de uma oitava, entre as alturas Lá 4 e Lá 5 (440Hz e 880Hz), também a partir de três osciladores senoidais.

No primeiro estudo do *patch*, nos três osciladores senoidais temos conectados aos seus *inlets* diferentes mensagens numéricas que informam aos osciladores as frequências em que devem ser produzidas as oscilações senoidais. As frequências correspondem às alturas entoadas pelos três instrumentos no decorrer da peça. O *outlet* dos osciladores é enviado ao objeto *output~* que controla a saída de som do *patch*, e também a um *tabwrite~* que reproduz graficamente a forma de onda decorrente da soma das três frequências, no *array* denominado *áudio*. A frequência das “fotos” da forma de onda que são mostradas no *array* são de uma a cada 40 milissegundos (25 fotos por segundo), criando uma sensação de movimento, frequência que é definida a partir do objeto *metro 40*, conectado ao *tabwrite~*. Na Fig. 152 temos a ilustração deste *patch*.

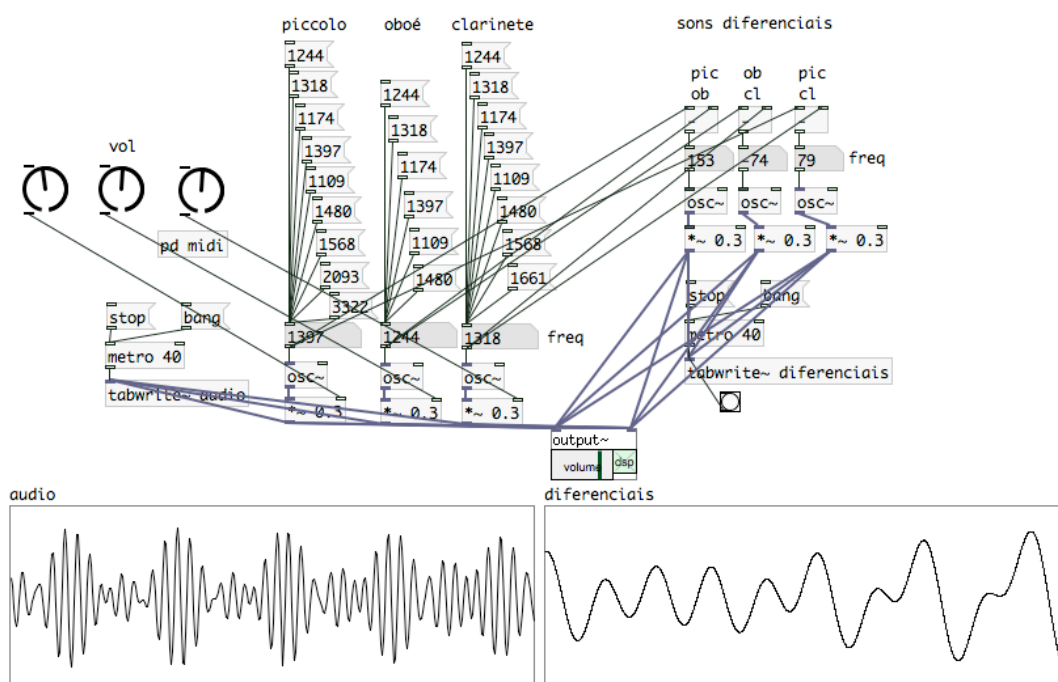


Fig. 152: Síntese aditiva e sons diferenciais simuladores *Peça 9* de Ligeti

As três caixas de número que apresentam a frequência de oscilação designada a cada instrumento (acima dos osciladores) é conectada a três objetos de subtração, que realizam as seguintes subtrações a fim de determinar as frequências dos sons diferenciais produzidos a partir da interação entre elas: *piccolo* - oboé; oboé - clarinete; *piccolo* - clarinete. O resultado dessas operações é mostrado nas caixas de número abaixo dos objetos de subtração, valores que são enviados a outros três *osc~* que criam oscilações senoidais nessas respectivas frequências. As oscilações também são enviadas ao *output~* e a um *tabwrite~*, a fim de que

possamos visualizar graficamente as formas de onda da somatória das frequências no *array* denominado *diferenciais*. As “fotos” da forma de onda são também tiradas numa frequência de uma a cada 40ms, a fim de que possamos perceber o movimento da onda.

No segundo estudo temos uma análise relativa à produção de batimentos a partir de três osciladores senoidais que executam intervalos cromáticos compreendidos entre uma oitava, de 440 a 880Hz (Lá 4 a Lá 5). As alturas são enviadas aos osciladores através de mensagens numéricas, apresentando os valores frequenciais de 440, 466, 494, 523, 554, 587, 622, 659, 698, 740, 784, 830 e 880Hz. O áudio proveniente dos três *outlets* dos osciladores senoidais é regulado por três potenciômetros que definem sua intensidade, e encaminhados ao *output~* e ao *tabwrite~*, o qual registrará a forma de onda da somatória dos três osciladores no *array batimentos*. Os valores frequenciais dos batimentos produzidos são obtidos a partir de três objetos de subtração que têm conectados em seus *inlets* esquerdo e direito, duas a duas, as frequências designadas aos osciladores. Temos, através desses procedimentos, a obtenção da frequência exata dos batimentos produzidos. Na Fig. 153 temos a ilustração desses procedimentos realizados dentro do *patch*.

De fato, o que se observa é que os batimentos e os sons diferenciais são produzidos a partir de um mesmo processo, a saber, a diferença entre os valores frequenciais de duas oscilações periódicas que interagem. Possivelmente, a ideia que permeia a noção de batimento é principalmente rítmica, já que quando explica-se esse fenômeno, têm-se como fundamentação uma periodicidade temporal que se encontra abaixo dos 20Hz, perceptível como ritmo. Por outro lado, o efeito psicoacústico buscado por Ligeti na *Peça 9*, decorrente da interação entre as alturas executadas pelo *piccolo*, oboé e clarinete, seria a produção de sons diferenciais audíveis enquanto alturas musicais (frequências acima dos 20 ciclos por segundo), sons perceptivelmente muito mais graves do que aqueles entoados pelos instrumentos.

A partir do prisma apresentado, batimentos e sons diferenciais são formas ou estruturas diferentes produzidas através de um mesmo procedimento, no entanto, oriundos de valores diferentes. Entre os resultados formais produzidos há descontinuidades e diferenças qualitativas relativas à uma mesma morfologia.

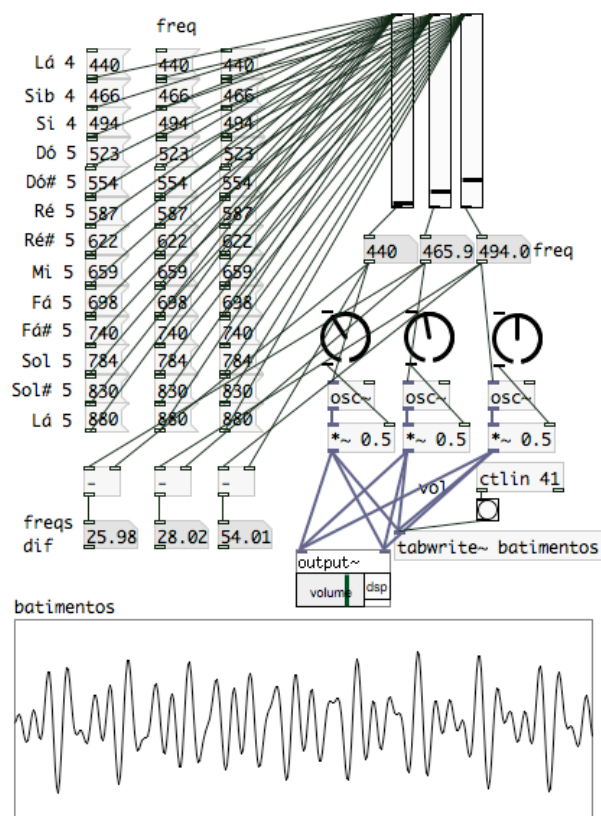


Fig. 153: Produção de batimentos a partir de três frequências iniciais

Apêndice II

Gravações das composições

1. **Magma. Flautas em Dó e Sol: Sarah Hornsby.** Gravação de estúdio, 2013
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xcgOFO9PSLI>

2. **Magma. Flautas em Dó e Sol: Gabriel Rimoldi.** Gravação ao vivo. Encontro Nacional de Compositores Universitários ENCUN Concerto XIII. Campinas: MIS, 04/12/2015
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NBtmkrAjFR8>

3. **Oceanos. Sax alto: José de Carvalho.** Gravação ao vivo. Encontro Nacional de Compositores Universitários ENCUN Concerto XIII. Campinas: MIS, 04/12/2015
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=3rv_sDQJyA0

4. **Oceanos. Sax alto: Pedro Bittencourt.** Gravação de estúdio, julho de 2016.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ry9-lnzAzxc>

5. **Poussières cosmiques versão 1. Piano: Flávia Cavalcanti.** Gravação ao vivo. Recital de Formatura (Graduação em Piano). Campinas: IA-UNICAMP, 15/12/2015
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=31SNkTupqCk>

6. **Poussières cosmiques versão 2. Piano: Sophia Vaillant.** Gravação ao vivo. Musiques mixtes pour le piano. St. Denis. Université Paris 8, 12/06/2015 (vídeo)
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=29pErsPOTYQ>

7. **Diatomées. Ensemble L'itinéraire.** Gravação ao vivo. Atelier de Composition Musicale. St. Denis: Université Paris 8, 18/06/2015
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YdcSIEalWOU>

8. **Le vide: trois réflexions sur le temps. Ensemble Vocal Soli Tutti, Ensemble Instrumental de Musique Contemporaine du Conservatoire de Bobigny. Regência: Denis Gautheyrie.** Gravação ao vivo. Bobigny: Conservatoire de Bobigny, 12/04/2016
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Rh9uM_28qNI

9. **Desdobramentos do contínuo. Violoncelo: William Teixeira, eletrônica: Rodolfo Valente.** Gravação ao vivo. Gestuário. São Paulo: Estúdio Fita Crepe, 15/10/2016.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2o4muRiJ-9M>

Apêndice III

Exemplos sonoros das ilustrações

1. Fig. 5: Grisey, *Partiels*, cifras 8 e 9, p. 17 da partitura
2. Fig. 9: Wagner, *Prelúdio de Tristão e Isolda*, compassos 1 a 8
3. Fig. 10: Debussy, *Prelúdio* para piano Livro I nº 2 *Voiles*, p. 6, 2º e 3º sistemas
4. Fig. 13: Stockhausen, *Studie II*, 1'22" - 1'29", p. 13 da partitura
5. Fig. 16: Stockhausen, *Mixtur, Translation*, p. 12 da partitura
6. Fig. 19: Chowning, *Stria*, 1" a 250"
7. Fig. 23: Xenakis, *Concret PH*
8. Fig. 24: Xenakis, *Diamorphoses*
9. Fig. 26: Truax, *Riverrun*
10. Fig. 28: Vaggione, *Nodal*
11. Fig. 29: Caixa
12. Fig. 29: Descorrelação microtemporal, caixa (*stereo*)
13. Fig. 36: Grisey, *Le temps et l'écume*
14. Fig. 38: Grisey, *Périodes*
15. Fig. 39: Grisey, *Périodes*, cifra 13
16. Fig. 42: Ligeti, *Artikulation*, 2'52" - 3'21"
17. Fig. 43: Ligeti, *Melodien*, 0 - 4'
18. Fig. 46: Grisey, *Modulations*, cifras 31 - 44, 9'20" - 12'40"
19. Fig. 47: Sobreposição de sons descontínuos: granulação instrumental
20. Fig. 48: Sobreposição de sons contínuos e descontínuos
21. Fig. 49: Sobreposição de sons ruidosos e descontínuos
22. Fig. 50: Sobreposição de sons ruidosos
23. Fig. 51: Sobreposição de sons contínuos modulados por vibrato
24. Fig. 53: Caixa *delay* de 10ms
25. Fig. 53: Caixa *delay* de 50ms
26. Fig. 53: Caixa *delay* de 70ms
27. Fig. 53: Caixa *delay* de 90ms
28. Fig. 54: Caixa descorrelação microtemporal de 23ms, *stereo*
29. Fig. 54: Caixa descorrelação microtemporal de 46ms, *stereo*
30. Fig. 54: Caixa descorrelação microtemporal de 68ms, *stereo*

31. Fig. 54: Caixa descorrelação microtemporal de 91ms, *stereo*
32. Fig. 59: Schoenberg, *Farben*, 0 - 23''
33. Fig. 60: Schoenberg, *Farben*, 2'48'' - 3'11''
34. Fig. 61: Schoenberg, *Farben*, 4'33'' - 4'50''
35. Fig. 65: Ligeti, *Dez peças para quinteto de sopros, peça 9*
36. Fig. 71: Murail, *Treize couleurs du soleil couchant*, momentos 6 e 7
37. Fig. 72: Murail, *Treize couleurs du soleil couchant*, momentos 12 e 13
38. Fig. 74: Xenakis, *Pithoprakta*, 4'40'' - 6'55''
39. Fig. 75: Xenakis, *Pithoprakta*, 8'10'' - 9'10''
40. Fig. 77: López-López, *Concerto para piano e orquestra*, 0 - 20''
41. Fig. 78: López-López, *Concerto para piano e orquestra*, 21' - 55''
42. Fig. 79: López-López, *Concerto para piano e orquestra*, 56'' - 1'12''
43. Fig. 81: Vaggione, *Schall*, 0 - 1'50''
44. Fig. 83: Vaggione, *Schall*, 2'56'' - 3'48''
45. Fig. 84: Vaggione, *Schall*, 5'58'' - 6'52''
46. Fig. 90: Vaggione, *Till*, 0 - 1'52''
47. Fig. 91: Vaggione, *Till*, 7'18'' - 12'44''
48. Fig. 93 e Fig. 101: *Poussières cosmiques* v.2, acordes-timbre (3'10'' - 4'11),
piano: Sophia Vaillant
49. Fig. 94: *Magma*, fusão de timbres, 1'38'' - 2'11'', flauta: Gabriel Rimoldi
50. Fig. 95: *Le vide*, síntese aditiva instrumental, 5'30'' - 5'38''
51. Fig. 96: *Magma*, permeabilidade, 7'12'' - 7'40'', flauta: Gabriel Rimoldi
52. Fig. 97: *Magma*, compassos 59 - 61, flauta: Sarah Hornsby
53. Fig. 98: *Oceanos*, multifônicos e modulação em anel (2'09''-2'25''), sax: Pedro Bittencourt
54. Fig. 105: *Poussières cosmiques* v.2, granulação agudo, c. 7 - 19, piano: Sophia Vaillant
55. Fig. 106: *Poussières cosmiques* v.2, granulação grave, c. 20 - 32, piano: Sophia Vaillant
56. Fig. 109: *Poussières cosmiques* v.2, c. 78 - 85, piano: Sophia Vaillant
57. Fig. 111: *Oceanos*, respiração circular (4'36'' - 5'), sax: Pedro Bittencourt
58. Fig. 114: *Oceanos*, granulação (8'38'' - 10'19''), sax: José de Carvalho
59. Fig. 123: *Diatomées*, fusão de timbres por diferentes modelos, c. 75 - 80
60. Fig. 125: *Le vide*, fusão de timbres por *jitter*, c. 54 - 57

61. Fig. 127: *Le vide*, fusão de timbres por diferentes modelos, c. 68 - 73

62. Fig. 128: *Le vide*, fusão de timbres, timbre de movimento, c. 84 - 92

63. Tab. 1: Stockhausen, *Kontakte*

Os arquivos de áudio estão disponíveis em:

<https://www.dropbox.com/sh/dxhere507ghwhnp/AABnX1KI56clQN6um4CtXZk6a?dl=0>